

I-2-3- Résultats des enquêtes

D'après les enquêtes un abonné compte en moyenne 7 personnes dans le secteur Ambatomaro.

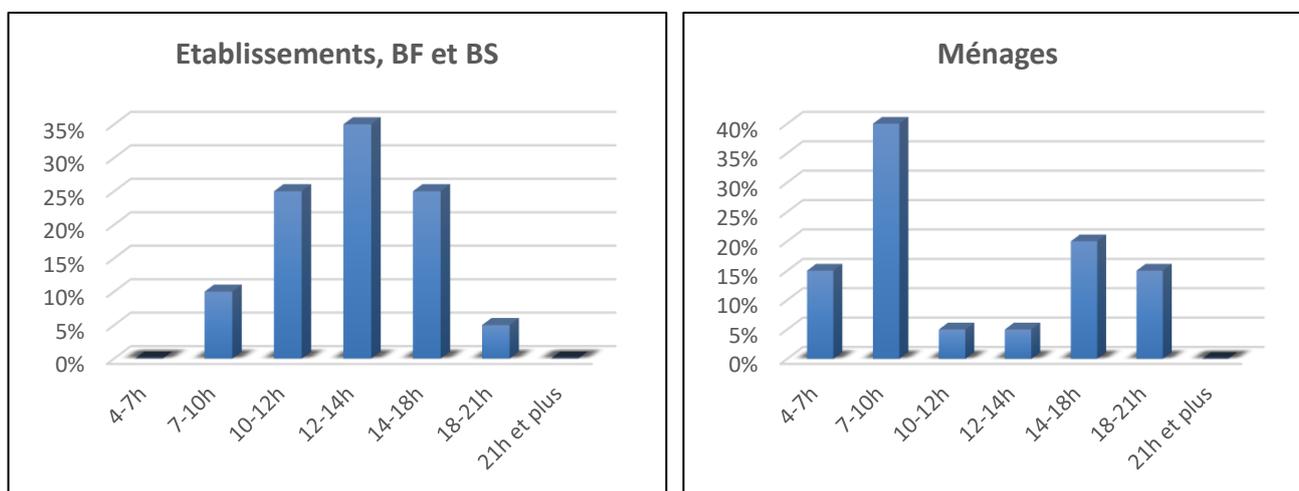
I-2-3-1- Stockage d'eau

Parmi tous les établissements enquêtés 76% stockent de l'eau avec une quantité moyenne de 900 l/j et pour les ménages 88% stockent de l'eau de l'ordre de 30 l/j à plus de 100 l/j. Notons que le stockage de l'eau se fait surtout pendant la nuit parce que c'est à ce moment seulement que la pression est suffisante pour permettre à l'eau d'arriver dans les parties les plus touchées par le manque d'eau.

I-2-3-2- Consommation d'eau

Après la réalisation des enquêtes, des variations de consommations différentes pour les types d'abonnés ont été constatées. Pour les établissements et les infrastructures publiques (BF et BS) la consommation en eau est importante entre 10h et 18h alors que pour les ménages le pic de consommation se présente entre 7h et 10h du matin.

Les variations de consommation par plage de deux heures pendant une journée peuvent être observées par ces deux graphiques :

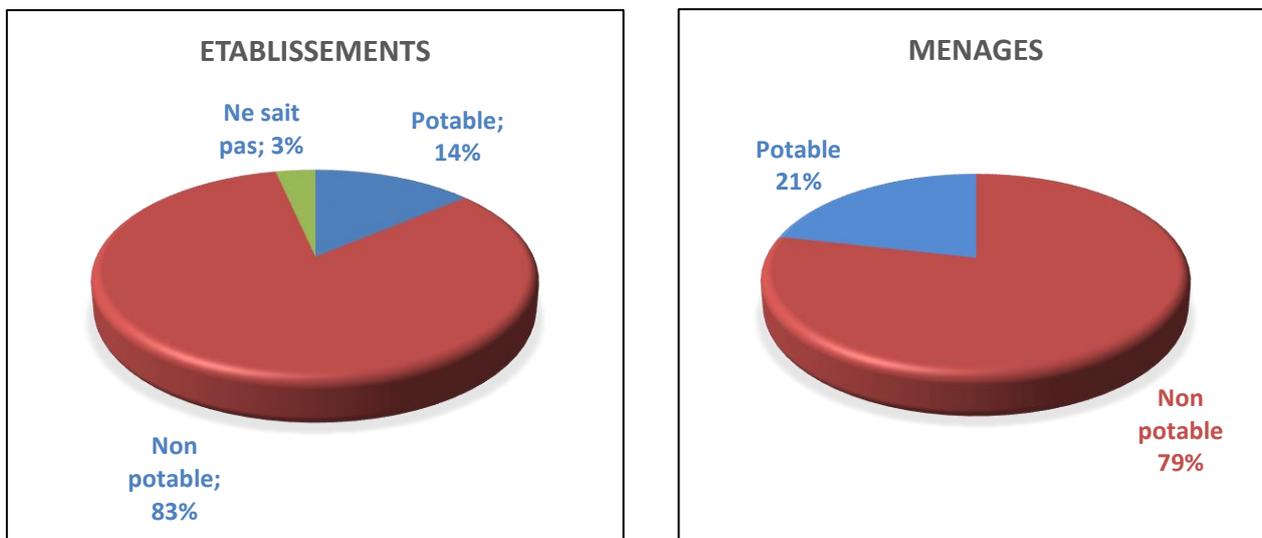


Graphique 4: Variation de consommation des différents types d'abonnés

Dans le premier graphique, la consommation en eau est très faible la nuit entre 18h et 7h du matin pour les établissements, les BF et les BS alors que pour les ménages cette consommation faible se présente entre 10h et 14h et aussi pendant la nuit à partir de 21h jusqu'à 4h du matin.

I-2-3-3- Qualité et potabilité de l'eau

Les graphiques suivants illustrent le niveau de satisfaction des abonnés des établissements et des ménages concernant la qualité de l'eau.



Graphique 5: Sondage du niveau de satisfaction des abonnés

D'après ces graphiques, la majorité des établissements et des ménages affirme que l'eau n'est pas potable par contre selon les enquêtes effectuées auprès des bornes fontaines les fontainiers et les usagers disent que l'eau est potable.

Les raisons de la non potabilité de l'eau constatée par les consommateurs sont soit des mauvaises odeurs soit des mauvais goûts soit une eau turbide.

Pour assurer que l'eau soit potable les consommateurs procèdent par différentes méthodes comme la stérilisation de l'eau en la faisant bouillir ou en le filtrant ou par l'utilisation de produits désinfectant (Sur'Eau).

I-2-3-4- Les problèmes d'alimentation en eau

Selon les abonnés les problèmes d'alimentation en eau rencontrés chaque jour dans le secteur Ambatomaro sont des coupures d'eau ou des faibles débits et pressions. Les problèmes existent un peu partout dans le secteur mais ils sont surtout présents dans les parties élevées du secteur et peuvent persister pendant des jours.

La carte suivante montre la répartition des problèmes d'alimentation en eau dans le secteur d'après les enquêtes :

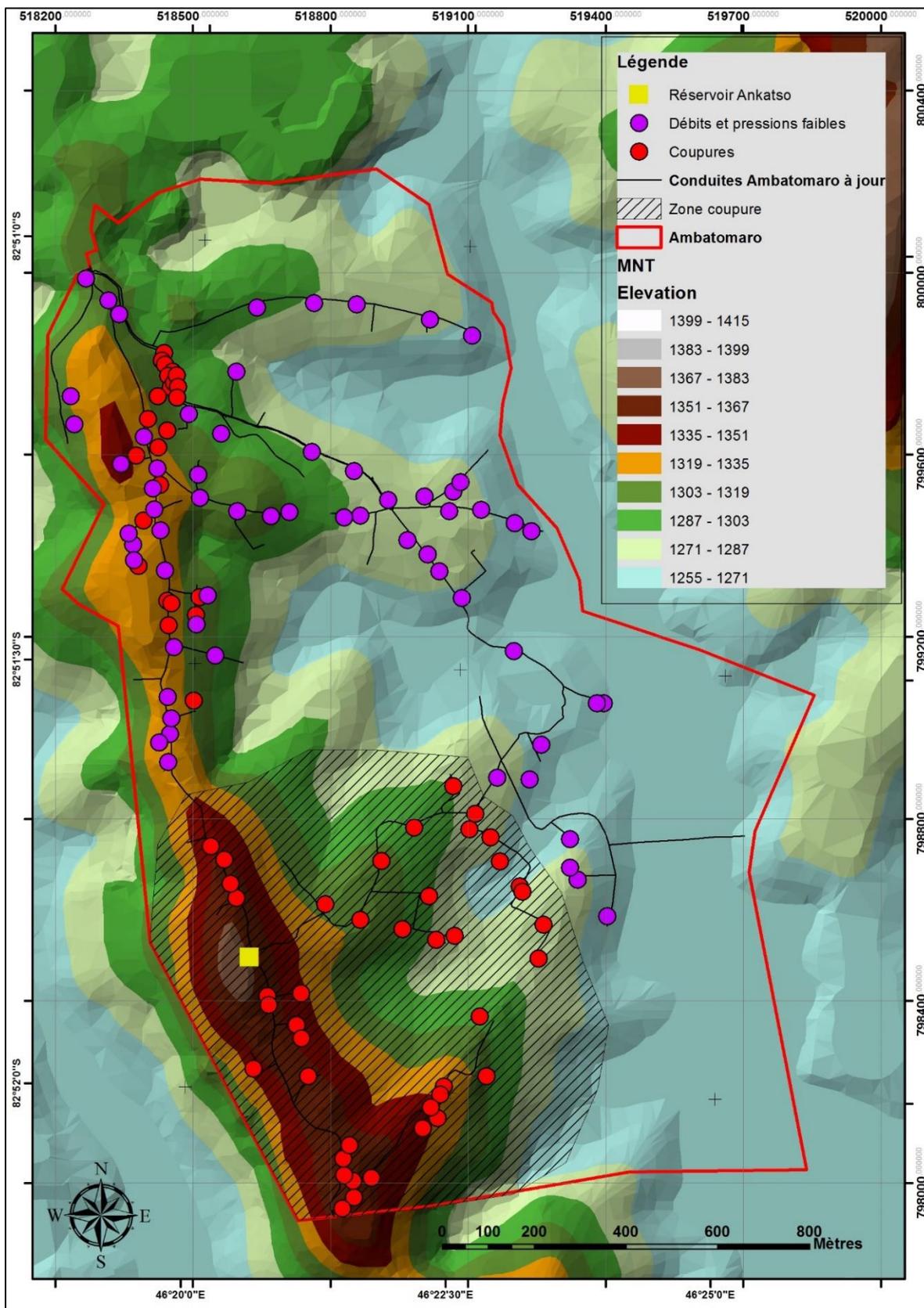


Figure 25: Répartition des problèmes d'alimentation en eau d'après les enquêtes(UTM WGS 84)

A partir de cette carte, des problèmes d'alimentation en eau potable dans tous le secteur subsistent. Les problèmes de débits et pressions faibles touchent presque tous les quartiers du secteur, certains sont fréquents comme ceux dans les parties élevées et d'autres ne sont que passagères comme ceux dans les parties basses. Par contre les problèmes de coupures touchent presque toute la partie haute du secteur surtout dans le voisinage du réservoir qui est hachuré en noir sur la carte et qui peut durer pendant plusieurs jours.

I-2-3-5- Causes des fuites

Concernant les fuites au niveau des conduites, ils sont le plus souvent dues à la rupture des tuyaux apparents, lors des passages des véhicules ou de charges importantes. Les conduites en PVC sont les plus vulnérables car elles ne peuvent pas supporter les chocs à l'inverse des conduites en Fonte ou en Acier.

I-3- Mesure des paramètres hydrauliques

I-3-1- Mesure de débit

Pour les mesures de débits entrant dans le secteur Ambatomaro, 3 débitmètres ont été installés au niveau des 3 conduites principales qui alimentent le secteur. Les mesures ont été faites pendant 10 jours dans le but d'observer la variation de débit pendant le week-end et les jours ouvrables de la semaine.

Les images suivantes montrent l'installation des débitmètres :



Conduite DN 150



Conduite DN 125



Conduite DN 100

Figure 26: Appareils de mesure de débit

Notons que la JIRAMA dispose de deux types de débitmètres, les débitmètres à insertion et les débitmètres à ultrason qui se différencient par leurs utilisations et aussi les résultats obtenus.

L'installation des débitmètres à insertion comme ceux qui ont été installés dans le secteur Ambatomaro nécessitent le perçage des conduites par contre avec les débitmètres à ultrason, il suffit juste de les placer contre une conduite sans la percer pour faire les mesures. Les débitmètres à ultrason ne fonctionnent que sur les conduites pleines d'eau et ne peuvent mesurer que des valeurs ponctuelles de débits mais les débitmètres à insertion peuvent à la fois fonctionner sur les conduites à moitié pleine et peuvent aussi mesurer des valeurs de débits et pressions continues. Cependant ces derniers ne

peuvent être installés que sur une conduite avec un diamètre supérieur à 80 mm. Les caractéristiques des deux types de débitmètres sont expliquées en annexe (Cf. Annexe 4-

La carte suivante illustre la localisation des débitmètres dans le secteur Ambatomaro pour la mesure de débit et pressions à l'entrée du secteur :

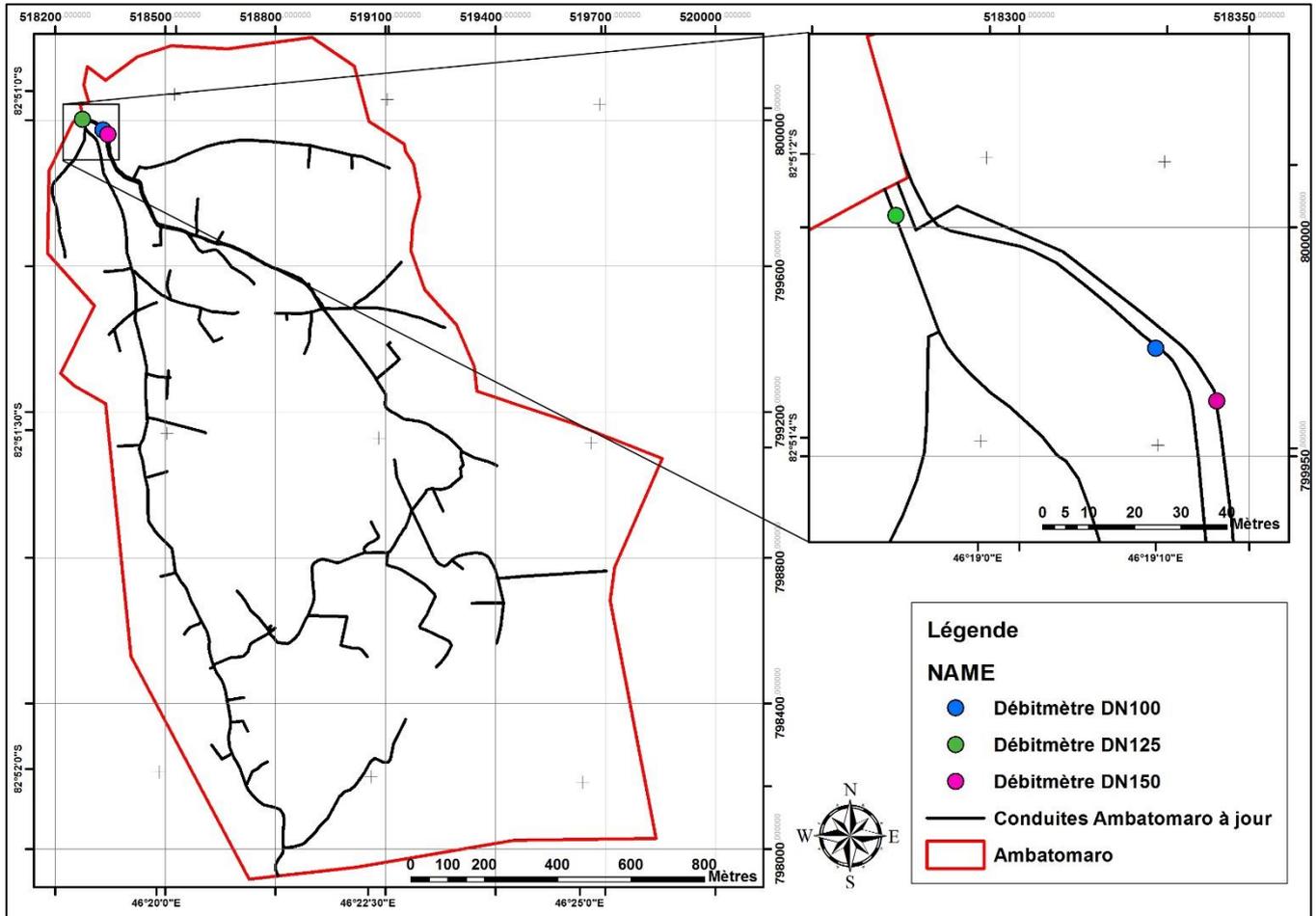


Figure 27: Localisation des 3 débitmètres(UTM WGS 84)

I-3-2- Mesure de pressions

En parallèle avec les mesures de débits, des appareils de mesure de pression ont aussi été installés dans le réseau pendant 10 jours. 10 manomètres ont été mise en place sur les robinets des abonnés choisis de façon à ce qu'ils soient bien répartis dans tous le réseau surtout dans les parties à problème de manque d'eau.



Figure 28: Manomètres installés

Les manomètres permettait d'enregistrer les valeurs de pression au niveau des points d'installation et les résultats ont été ensuite transférés dans un ordinateur à l'aide d'un logiciel spécifique.

La carte suivante montre la répartition des 10 manomètres qui ont été installés dans le réseau :

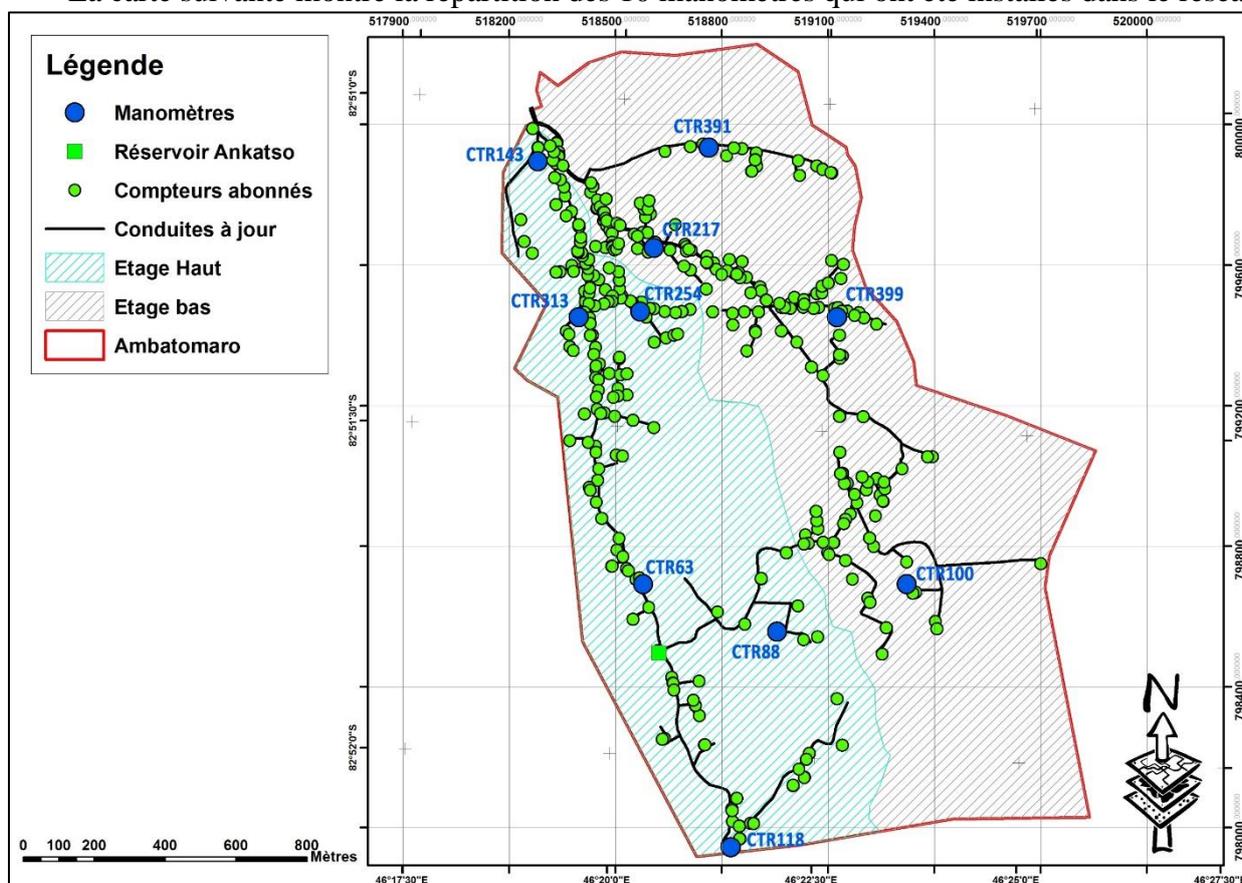


Figure 29: Localisation des manomètres(UTM WGS 84)

Sur les 10 manomètres installés, 4 se situent à l'étage bas et les 6 autres à l'étage haut.

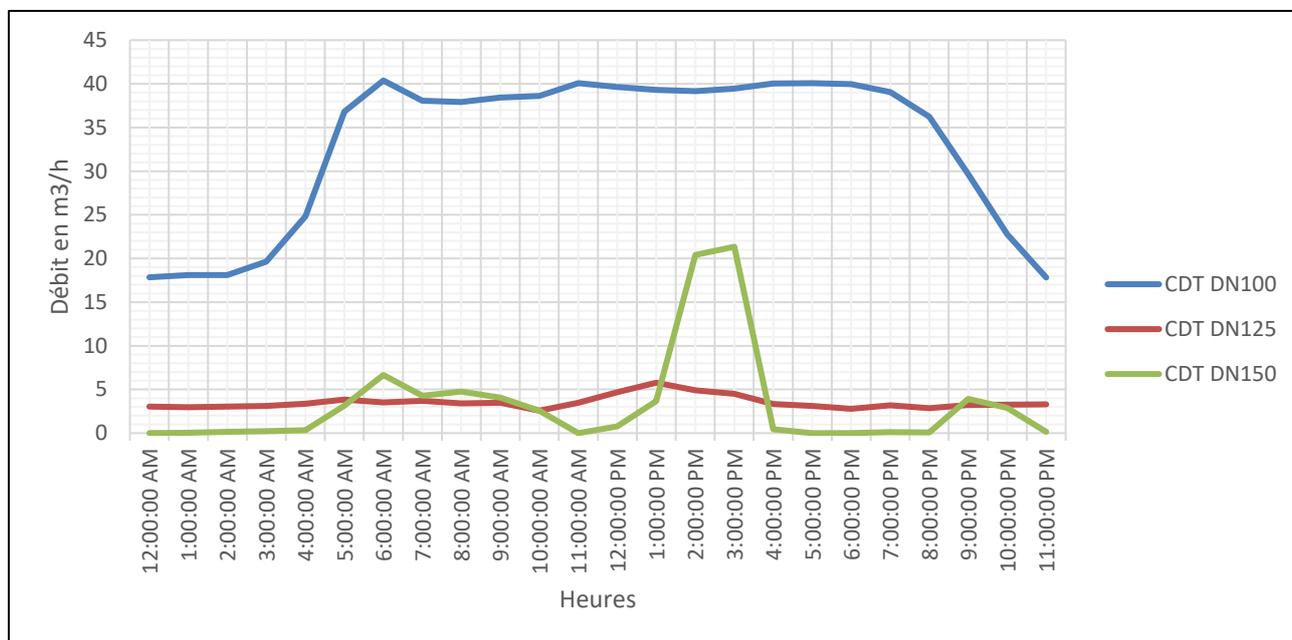
I-3-3- Résultats de mesure

Les résultats obtenus après la réalisation des mesures sont des valeurs de débits et pressions au niveau des 3 débitmètres à l'entrée du secteur et des valeurs de pressions au niveau des 10 manomètres. Les appareils de mesure ont fourni des valeurs continues pendant 10 jours avec un intervalle de temps de 15 minutes entre deux valeurs successives.

I-3-3-1- Résultats de mesure de débits et pressions au niveau des débitmètres

I-3-3-1-1- Résultats de mesure de débits

Etant donné que l'un des objectifs de cette étude de modélisation est de comprendre le fonctionnement du réseau pendant une journée, la durée de simulation du modèle considérée est donc de 24h. De ce fait, les moyennes horaires des valeurs de débits mesurées pendant 24h ont été calculées et représentées par les courbes suivantes :



Graphique 6: Valeurs moyennes de débits pendant 24 heures au niveau des 3 débitmètres

Rappelons que les conduites DN100 et DN150 alimentent la partie basse du secteur et la conduite DN125 alimente toute la partie haute. L'eau qui circule dans les conduites DN100 et DN125 passe d'abord dans le surpresseur avant d'entrer dans le secteur Ambatomaro alors que l'eau dans la conduite DN150 provient directement du réseau en amont du secteur sans passer par le surpresseur.

D'après ces graphiques, sur les deux conduites qui alimentent la partie basse du secteur, le débit au niveau de la conduite DN100 est très élevé par rapport à celui de la conduite DN150. Actuellement c'est l'eau venant de la conduite DN100 qui assure presque la totalité de l'approvisionnement en eau de tous les abonnés de l'étage bas du secteur et pour la conduite DN125, le débit est presque constant toute la journée. Les valeurs de débits et pressions mesurées au niveau des débitmètres sont présentées en annexe (Cf. Annexe 5-)

Le tableau suivant montre les valeurs minimales, maximales et les valeurs moyennes des débits mesurés au niveau des trois conduites principales :

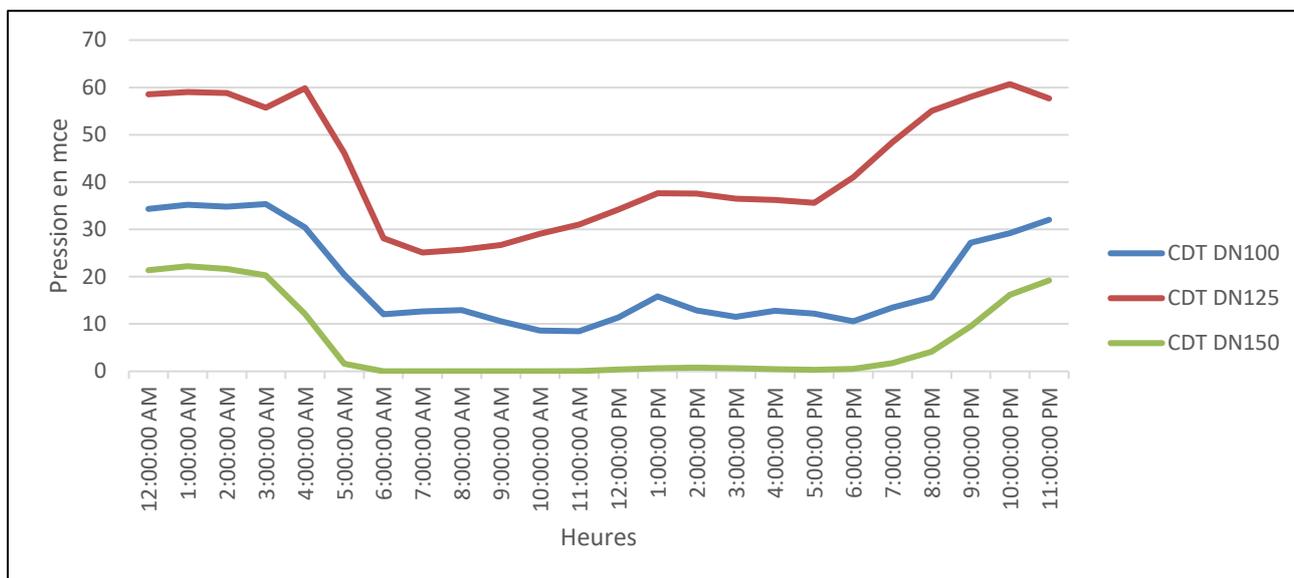
Tableau 10: Débits min, max et moyennes au niveau des 3 débitmètres

Débitmètres	Débit Min (m ³ /h)	Débit Max (m ³ /h)	Débit Moyenne (m ³ /h)
CDT DN100	17,82	40,38	33,00
CDT DN125	2,58	5,77	3,52
CDT DN150	0	21,34	3,34

Le débit moyen au niveau de la conduite DN100 est dix fois supérieur au débit d’eau dans la conduite DN150.

I-3-3-1-2- Résultats de mesure de pressions

Les valeurs moyennes des pressions mesurées au niveau des débitmètres sont présentées par le graphique suivant :



Graphique 7: Valeurs moyennes des pressions pendant 24 heures au niveau des 3 débitmètres

Au niveau des pressions, pour la conduite DN150 les pressions sont nulles presque toute la journée sauf la nuit, pour la conduite DN100 les pressions varient entre 8 et 35 m par contre pour la conduite DN125 les pressions atteignent 61 m pendant la nuit cependant les problèmes de manque d’eau fréquents persistent toujours dans les zones élevées du secteur Ambatomaro.

D’après les valeurs dans ce tableau les valeurs minimales, maximales et les valeurs moyennes des pressions au niveau des 3 débitmètres :

Tableau 11: Valeurs Min, Max et moyennes des pressions au niveau des 3 débitmètres

Débitmètres	Pression Min (m)	Pression Max (m)	Pression Moyenne (m)
CDT DN100	8,47	35,35	19,19
CDT DN125	25,10	60,70	43,43
CDT DN150	0,00	22,21	6,41

I-3-3-2- Résultats de mesure de pression au niveau des manomètres

Etant donné que les comportements hydrauliques du réseau des deux étages sont différents, les résultats de mesure de pression obtenus au niveau des manomètres installés à l'étage bas et l'étage haut ont été séparés. Les valeurs de pressions mesurées au niveau des manomètres sont présentées en annexe (Cf. Annexe 6-)

Les deux tableaux ci-après montrent les pressions minimales, maximales et les pressions moyennes au niveau des 10 manomètres installés dans le réseau du secteur Ambatomaro :

Tableau 12: Valeurs Min, Max et moyennes des pressions au niveau des manomètres de l'étage bas

Etage bas	CTR391	CTR100	CTR399	CTR217
Pression Min (mce)	0,04	11,75	28,56	0,00
Pression Max (mce)	31,59	59,10	69,56	37,31
Pression Moyenne (mce)	10,61	31,04	45,51	11,06

Tableau 13: Valeurs Min, Max et moyennes des pressions au niveau des manomètres de l'étage haut

Etage haut	CTR143	CTR63	CTR313	CTR88	CTR254	CTR118
Pression Min (mce)	21,82	0,00	4,13	0,00	7,04	0,00
Pression Max (mce)	72,05	0,68	44,30	0,00	45,86	0,00
Pression Moyenne (mce)	44,86	0,15	23,35	0,00	26,45	0,00

D'après les résultats de mesure, les pressions moyennes varient entre 11mce et 46mce dans les parties basses du secteur et entre 0 et 45mce dans les parties hautes. A l'étage bas les pressions sont faibles à l'entrée du secteur avec des pressions moyennes de 10mce et des pressions minimales presque nulles à partir de 06h du matin jusqu'à 18h du soir quant aux pressions à l'étage haut, il y a des pressions nulles toute la journée dans la zone la plus haute du secteur aux alentours du réservoir.

I-4- Prélèvements d'échantillons d'eau

Une campagne de prélèvements d'échantillons d'eau pour des analyses bactériologiques et physico-chimiques a été réalisée dans le secteur Ambatomaro après la campagne de mesure de paramètres hydrauliques dans le but d'apprécier la qualité de l'eau du secteur. Cette opération a été effectuée en collaboration avec les équipes de contrôles qualité eau de la JIRAMA

I-4-1- Choix des points de prélèvement

Les points de prélèvement dans le secteur ont été choisis sur SIG selon les quatre critères suivants :

- Les points dans les zones présentant des problèmes d'alimentation en eau d'après le résultat des enquêtes (eau turbide, faible pression).
- Les points à l'entrée du réseau du secteur
- Les points au bout du réseau du secteur
- Le réservoir existant dans le secteur Ambatomaro

Lorsque les points ont été définis sur SIG, des descentes sur terrain ont été ensuite réalisées pour valider les points selon trois conditions.

En effet pour pouvoir faire les prélèvements il faut que :

- Le robinet ne soit pas en PVC ou fait de matériaux qui se brule facilement.
- L'environnement aux alentours du point ne soit pas insalubre
- Les pressions et les débits au niveau du point soient assez fort pour que le processus de prélèvement ne dure pas trop longtemps pour permettre aux bactéries aériennes de s'infiltrer dans le flacon.

Ainsi après les visites sur terrain pour validation des points de prélèvements 12 points ont été retenus sur les 14 points définis sur SIG.

Les 12 points de prélèvement retenus sont illustrés dans la carte suivante :

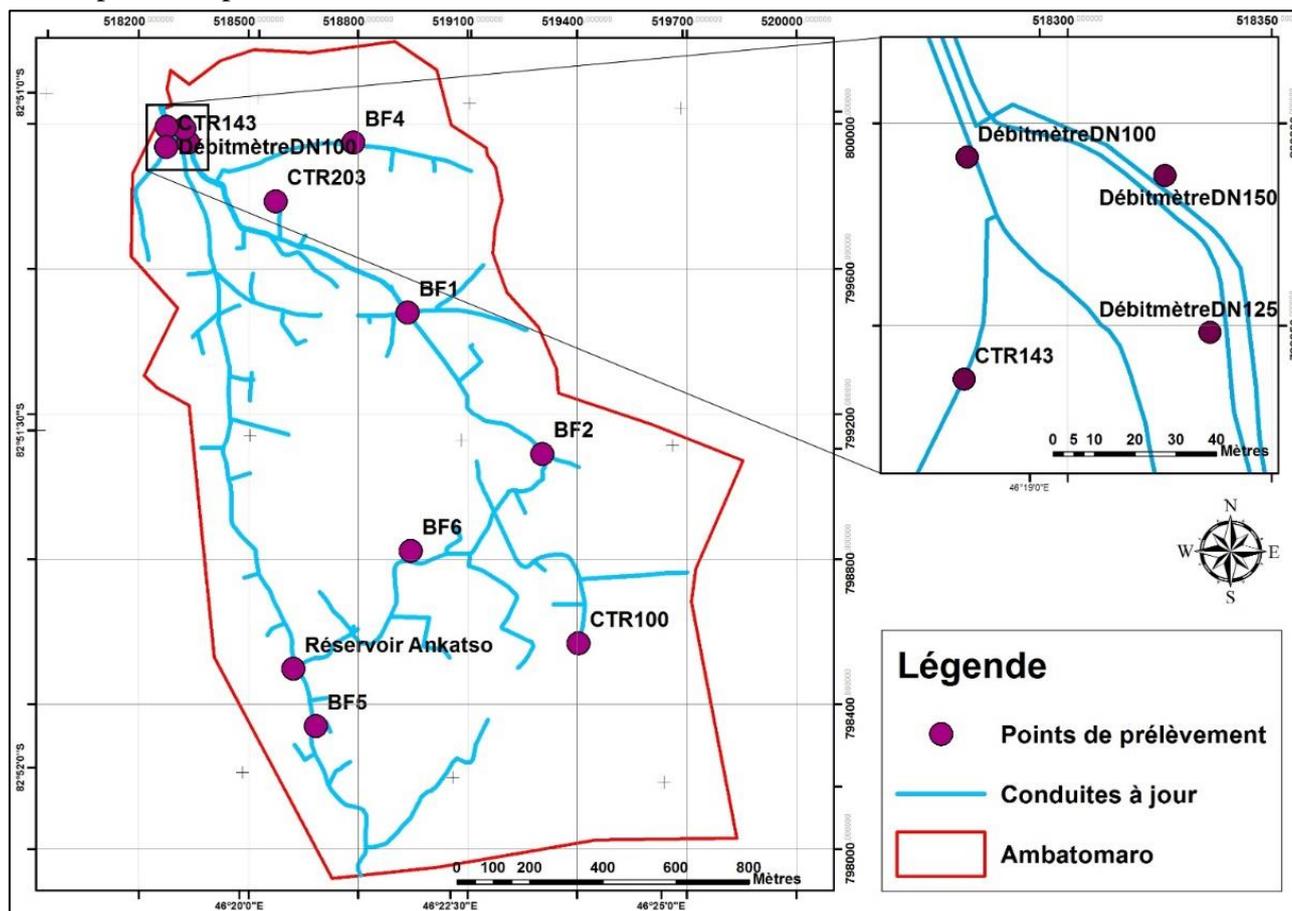


Figure 30: Localisation des points de prélèvement(UTM WGS 84)

Trois points de prélèvement se situent dans la partie élevée du secteur où il y a des problèmes d'alimentation en eau fréquents, il s'agit du réservoir Ankatso et des bornes fontaines BF5 et BF6. Etant donné qu'il n'y avait pas d'eau dans cette partie pendant la journée, il a été obligé d'effectuer les prélèvements d'échantillon la nuit. En effet il n'y avait de l'eau qu'à partir de minuit et la présence d'eau a duré moins d'une heure lors du passage des releveurs.

I-4-2- Mode de prélèvement d'échantillons

Avant de procéder au prélèvement des échantillons il faut d'abord stériliser par le feu l'intérieur et l'extérieur du robinet à l'aide d'un chalumeau ensuite il faut le nettoyer avec de l'alcool pour éliminer les bactéries. Lorsque la stérilisation du robinet est terminée le prélèvement des échantillons d'eau dans les flacons stérilisés doit se faire rapidement.



Figure 31: Prélèvement d'échantillons d'eau

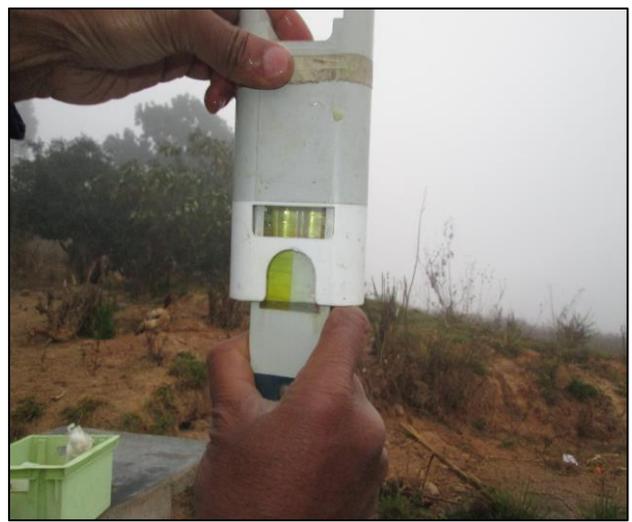
Notons que pour chaque point de prélèvement il faut un échantillon pour les analyses physico-chimiques et un autre pour les analyses bactériologiques qui ont été ensuite envoyés à l'IPM pour être analysés.

Pendant la réalisation des prélèvements, des tests colorimétriques de pH et de chlore résiduel ont été aussi réalisés. Des solutions ont été mélangées avec un échantillon d'eau dans un tube à essai pour faire virer la couleur de l'eau et les couleurs obtenus ont été ensuite comparés avec des colorimètres y figurant des valeurs de pH et de chlore résiduel. Les solutions utilisées pour les tests colorimétriques sont :

- Le bleu de bromothymol ou le rouge de phénol pour le test de pH qui font virer la couleur de l'eau en rouge.
- L'ortholydine pour le test de chlore qui fait virer la couleur de l'eau en vert.



Test de pH



Test de chlore résiduel

Figure 32: Illustration d'un test de pH et de chlore résiduel d'un échantillon d'eau

I-4-3- Résultats d'analyse

Deux types d'analyse ont été faites pour tous les échantillons prélevés, il s'agit d'une analyse physico-chimique et une analyse bactériologique. Les éléments qui ont été examinés pour chaque type d'analyse sont :

- La turbidité de l'eau et le chlore résiduel présent dans l'eau et le pH pour les analyses physico-chimiques
- Les bactéries coliformes, Escherichia coli, entérocoques intestinaux et les spores anaérobiques pour les analyses bactériologiques.

Les résultats des analyses physico-chimiques au niveau des points de prélèvements sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 14: Résultats d'analyse physico-chimique

Points de prélèvement	pH	Taux de chlore (mg/l)	Turbidité (NTU)
DébitmètreDN100	7	0,62	0,73
DébitmètreDN125	7,2	1,52	0,44
DébitmètreDN150	7	0,56	0,64
BF1	7	0,36	0,11
BF2	7	0,36	0,83
BF4	7,2	0,54	0,24
BF5	7,2	0,47	0,87
BF6	7	0,27	0,5
CTR100	7	0,46	0,22
CTR143	7	0,06	0,12
CTR203	7,2	0,36	0,64
Réservoir Ankatso	7	0,29	0,12
Normes malagasy	6,5 à 9	0,2 à 2	< 5

Il a été constaté d'après ce tableau que les résultats d'analyse physico-chimique sont tous conformes aux normes sauf pour le taux de chlore au niveau du point CTR143 qui est inférieur à la norme pour une raison inconnue alors que ce point se situe à l'entrée du secteur.

Concernant les résultats d'analyse bactériologique les valeurs obtenues sont toutes conformes aux normes. Donc en général l'eau dans le secteur Ambatomaro ne présente pas de danger pour la santé des consommateurs.

Les résultats des taux de chlore seront utilisés plus tard pour la simulation des variations spatiales de chlore résiduel dans le réseau du secteur Ambatomaro.