

II-6- Mesures d'atténuation et de compensation

Cette partie consiste à la recherche des mesures pour atténuer les impacts négatifs et aussi pour développer les impacts positifs engendrés par le projet. Le tableau suivant présente les propositions des mesures pour les impacts du projet sur l'environnement :

Tableau 32: Mesures d'atténuation et développement des impacts

Milieu récepteur		Source d'impact	Identification de l'impact	Mesures
Milieu Physique	Eau	Arrêt du surpresseur	Coupure de l'eau	Minimiser la coupure de l'eau en réalisant le sectionnement des conduites à la fin de la pose des conduites
		Section des conduites et installation des nouveaux équipements (vannes, ventouse...)	Exposition à l'air libre de la partie interne des conduites donc risque de contamination de l'eau	Injection de produits désinfectant au niveau du surpresseur et dans le réservoir
		Exploitation du projet	Amélioration de l'accès à l'eau potable et répartition équitable de l'eau à tous les abonnés de l'étage haut	Augmentation du débit et de la pression à l'entrée du secteur par l'amélioration du système d'AEP en amont du secteur
	Air	Décapage des parties bitumées et fouilles des canaux en terre pour la mise en place des conduites	Emanation de poussières	Arroser la terre avant de travailler dessus
		Déblayage des canaux en terre et dépôt de déblai		
	Sol	Décapage, déblayage et	Mis à nu du sol et risque	Mise en place d'un périmètre de protection et caler la réalisation du projet pour que

Milieu récepteur		Source d'impact	Identification de l'impact	Mesures
		dépôt de déblai du sol	d'érosion en cas de pluie	cela ne tombe pas pendant la période de pluie
Milieu humain	Santé	Installation du chantier	Risque de transmission de maladies	Sensibilisation pour le respect d'autrui et de professionnalisme
		Fouille, dépôt des remblais	Risque de maladies respiratoires	Arroser la terre avant de travailler dessus
		Remise à l'état des chaussées		
		Coupure de l'eau	Nuisance à l'hygiène de la population	-Minimiser la coupure de l'eau en réalisant le sectionnement des conduites à la fin de la pose des conduites -Informer la population un jour avant la réalisation du projet pour qu'elle puisse stockée de l'eau
		Exploitation du projet	Amélioration de l'hygiène de la population	Amélioration du système de l'alimentation en eau potable du secteur
		Remise en charge des conduites	Risque de contamination due à des polluants dans les conduites lors des coupes des conduites	Injection de produits désinfectant au niveau du surpresseur et dans le réservoir
	Economie	Coupure de l'eau	Interruption des activités économiques utilisant d'énorme quantité d'eau	-Minimiser la coupure de l'eau en réalisant le sectionnement des conduites à la fin de la pose des conduites
		Exploitation du projet	Possibilité de création d'entreprise dans les parties	Amélioration et sécurisation de l'alimentation en eau du secteur

Milieu récepteur		Source d'impact	Identification de l'impact	Mesures
			hautes du secteur	
	Social	Exploitation du projet	Amélioration des conditions de vie de la population	
		Réalisation du projet	Perturbation du trafic	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un agent pour mettre en ordre la circulation des véhicules - Déviation de la route si possible

CONCLUSION

Actuellement presque tous les quartiers de la ville d'Antananarivo alimentés par le réseau de distribution d'eau potable de la JIRAMA sont touchés par des problèmes d'alimentation en eau. Parmi ces quartiers, ceux qui se situent au bout du réseau comme le secteur d'Ambatomaro sont les plus atteints par ces problèmes ou ils sont les plus fréquents et les plus importants. L'étude ci-présent a pour but de diagnostiquer les sources des problèmes dans ce secteur et de proposer ensuite des solutions aux problèmes. Ce mémoire a aussi permis de voir à quel point l'utilisation de la technologie informatisée est devenue très importante voir même indispensable dans la gestion des réseaux d'AEP.

La modélisation du réseau et la simulation de son fonctionnement qui sont des outils informatiques ont permis de comprendre les causes des anomalies dans le secteur Ambatomaro et ont permis aussi de simuler des propositions de solution pour l'amélioration de l'approvisionnement en eau potable dans ce secteur. Le calage du modèle a donné des résultats assez satisfaisants bien que le modèle lui-même peut encore être amélioré en procédant à des collectes plus poussées des données et des informations concernant le réseau et son fonctionnement comme les consommations des abonnés par la multiplication des appareils de mesures de débit et de pression à installer un peu partout dans le réseau surtout dans les parties à problèmes du secteur. Des appareils à ultrason permettant de mesurer la rugosité des conduites sans les sectionner existent aussi sur le marché et peuvent donner des valeurs assez précises.

Afin d'améliorer l'alimentation en eau dans le secteur Ambatomaro il a été alors proposé d'installer une conduite feeder en PVC 125 à partir du surpresseur qui se situe en amont du secteur jusqu'au réservoir Ankatso. L'objectif de ce projet est d'abord d'acheminer directement l'eau venant du surpresseur jusqu'au réservoir étant donné que la conduite de refoulement qui existe actuellement est piquée par les branchements des abonnés avant d'atteindre le réservoir ensuite d'alimenter tous les abonnés de l'étage haut du secteur de façon gravitaire. La simulation du fonctionnement du réseau avec cette conduite feeder a permis de voir des améliorations au niveau des pressions dans les parties hautes du secteur cependant cette amélioration n'est qu'une solution à court terme et ne concerne que le secteur Ambatomaro car les débits et les pressions dans ce secteur sont aussi influencés par les situations dans les réseaux se situant en amont de notre secteur. Donc pour pouvoir apporter des solutions dans le long terme il est nécessaire de prendre en compte tous le réseau interconnecté avec le réseau du secteur Ambatomaro.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

➤ **Ouvrages**

- Abdelbaki C. & Touaibia B., 2011, Modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG – Cas du groupement urbain de Tlemcen, Algérie, 4^{ème} colloque international sur les ressources en eau et le développement durable 22 et 23 février 2011, Alger, Algérie, 208 p.
- Bentley, 2015, Manuel d'utilisation du logiciel WaterCad V8i (SELECTseries 6).
- Blindu, I., 2004. Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, France, 304 p.
- Pape Mamadou DIOUF Oumar DIOUF, 2005, Conception et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable et d'un système d'évacuation des eaux usées de la nouvelle ville de DIAMNIADIO, Dakar, Projet de fin d'étude, 128 p.
- Faten Fadi Abi Farraj., 2013, Evolution Urbaine de la région Gulan-Erbil, Liban, Projet de fin d'étude, 214 p.
- LENCASTRE, 1986, Manuel d'hydraulique générale, Edition Eyrolles, 411 p.
- ONG EAST., 2015. Etude de diagnostic AEP dans le 3^{ème} et le 5^{ème} arrondissement de la Commune Urbaine d'Antananarivo, Madagascar, Rapport final, 187 p.

➤ **Cours**

- Dr RANDRIAMAHERISOA Alain, 2008, Etude d'impact environnemental, ESPA, 31 p.
- Dr RAMANANTSOA Benjamin., 2014. Cours de station et traitement d'eau potable, 44 p.
- Mr RANDRIANASOLO David, 2014-2015, Leçon Hydraulique urbaine, ESPA.

ANNEXES

Annexe 1- Présentation du logiciel WaterCad

1. Méthode de calcul.

Le principe de calcul du module hydraulique de WATERCAD repose sur trois lois hydrauliques : la loi de continuité, la loi des nœuds et la loi des mailles.

- La loi de continuité affirme que le débit est toujours le même le long d'un tronçon de conduites avec des changements de section.

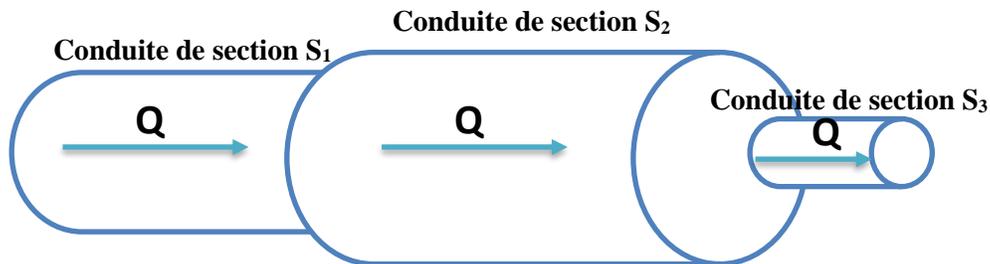


Figure 47: Illustration de la loi de continuité

$S_1 \neq S_2 \neq S_3$ $Q_1 = Q_2 = Q_3$ Q_i : débits
--

- La loi des nœuds affirme que le débit entrant dans un nœud est toujours égal au débit sortant de ce même nœud quel que soit le nombre d'entrées et de sorties au niveau de ce nœud.

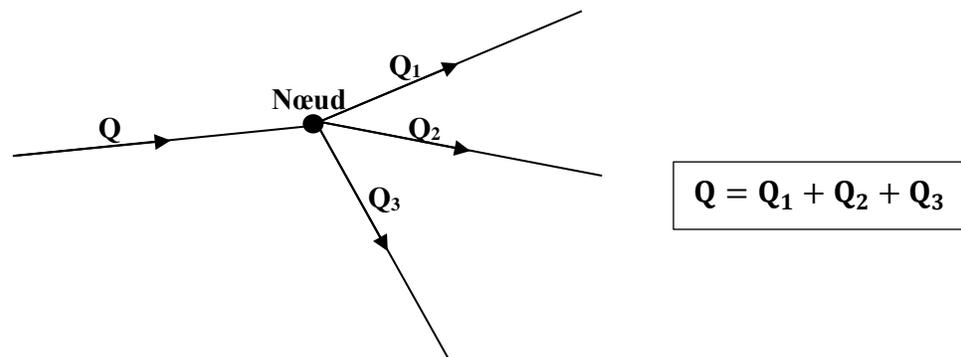


Figure 48: Illustration de la loi des nœuds

- La loi des mailles dit quant à elle que la différence de charges ΔH (la charge égale à la somme de la pression et de la cote au sol au niveau du point considéré) entre deux nœuds est égale à la perte de charge entre ces deux nœuds.

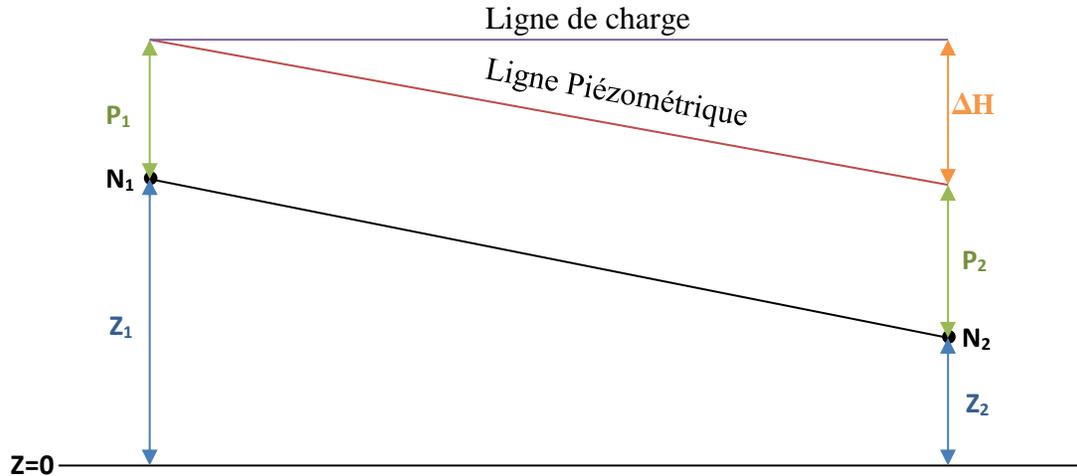


Figure 49: Illustration de la loi des mailles

Z_i : Côtes aux sol
 N_i : Noeuds
 P_i : Pressions
 H_i (Charges hydrauliques) = $Z_i + P_i$
 ΔH (Perte de charge) = $H_1 - H_2$

Le logiciel WATERCAD calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes.

2. Les pertes de charge linéaire

La perte de charge provoquée par le frottement de l'eau avec les parois des conduites est calculée en utilisant les trois formules suivantes :

- Formule de Hazen-Williams

$$Q = k \cdot C \cdot A \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

Q : Débit (m³/s)

C : Coefficient de rugosité de Hazen-Williams

A : Section de la conduite (m²)

R : Rayon hydraulique (m)

S : Pente du tuyau (m/m)

k : Constante (0,85 en unité SI ; 1,32 en unité US)

- Formule de Darcy-Weisbach

$$h_L = f \frac{L.V^2}{D.2g}$$

h_L : Perte de charge linéaire (m)

D : Diamètre de la conduite (m)

L : Longueur de la conduite (m)

V : Vitesse d'écoulement (m/s)

f : Facteur de friction de Darcy-Weisbach

g : Constante gravitationnelle (m/s²)

Le facteur de friction f est calculé par la formule de Swamee et Jain

$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]}$$

ε : Rugosité du tuyau (m)

Re : Nombre de Reynolds

Tel que : $Re = \frac{VD}{\nu}$

ν : Viscosité cinématique du fluide (m²/s)

- Formule de Chezy-Manning

$$Q = \frac{k}{n} . A . R^{\frac{2}{3}} . S^{\frac{1}{2}}$$

Q : Débit (m³/s)

n : Rugosité de Manning

A : Section de la conduite (m²)

R : Rayon hydraulique (m)

S : Pente du tuyau (m/m)

k : Constante (1,00 en unité SI ; 1,49 en unité US)

3. Les pertes de charge singulière

Les pertes de charge singulières ou pertes locales sont produites par la croissance de la turbulence de l'eau au niveau des singularités comme les vannes, les coudes, et les tés. Ces pertes de charge peuvent être considérées selon le type de réseau et la précision recherchée en assignant au tuyau qui possède des singularités des coefficients de perte de charge singulière.

La perte de charge est le produit du coefficient de perte de charge singulière avec la charge cinétique de la conduite.

$$\Delta H_s = K \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

ΔH_s : La perte de charge singulière (m)

K : Le coefficient de perte de charge singulière

V : La vitesse d'écoulement de l'eau (m/s)

g : L'accélération de la pesanteur (m/s^2)

4. Paramètres d'entrée du réseau

Le système de distribution d'eau modélisé par WATERCAD est représenté par un ensemble d'arcs reliés à des nœuds. Les arcs correspondent à des tuyaux, des pompes et des vannes de contrôle et les nœuds correspondent à des nœuds de demande, des réservoirs et des baches.

Tableau 33: Paramètres d'entrée du logiciel WaterCad

Éléments du réseau	Définition	Données d'entrée minimales	Résultats calculés
Nœuds de demande	Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit	-L'altitude du nœud -La demande en eau (qui peut varier dans le temps)	-La charge hydraulique (ou hauteur piézométrique) -La pression au niveau du nœud
Réservoirs	Ce sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps en fonction de la demande en eau des usagers	-L'altitude du radier -Le diamètre -Les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau	-Le débit entrant -La charge hydraulique ou l'altitude de l'eau -La pression ou le niveau de l'eau -La courbe d'évolution du niveau de l'eau.
Bâches	Ce sont des nœuds représentant une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les couches	Les données minimales exigées pour une bache sont la charge totale et la qualité initiale de l'eau.	Puisqu'une bache est un élément de frontière d'un réseau ses données de base ne sont pas affectées par la simulation. Par conséquent aucune

Eléments du réseau	Définition	Données d'entrée minimales	Résultats calculés
	aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs.		propriété n'est calculée au cours de celle-ci.
Conduites	Ce sont des arcs qui transitent l'eau d'un point du réseau à un autre. WaterCad suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant. Le sens d'écoulement de l'eau dans une conduite se fait à partir de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée à celle qui a la charge la plus faible.	<ul style="list-style-type: none"> -Les nœuds initial et final -Le diamètre -La longueur -Le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge) -L'état (ouvert, fermé ou avec un clapet anti-retour) -Le coefficient de réaction dans la masse d'eau -Le coefficient de réaction aux parois 	<ul style="list-style-type: none"> -Le débit -La vitesse d'écoulement -La perte de charge -Le facteur de friction de Darcy-Weisbach -La vitesse moyenne de réaction -La qualité moyenne de l'eau
Vannes	Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau.	<ul style="list-style-type: none"> -Les nœuds d'entrée et de sortie -Le diamètre -La consigne de fonctionnement -L'état de la vanne -Coefficient de perte de charge singulière. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le débit -La perte de charge hydraulique

5. Les résultats de la simulation

Les résultats obtenus après simulation du modèle peuvent être représentés par un tableau ou par un graphe. Ils présentent l'état des nœuds et des conduites pendant toutes les heures de la journée.

6. Fichiers compatibles avec le logiciel

WaterCAD V8i emploie un assortiment de données. En général, le modèle est contenu dans un dossier avec la prolongation de wtg.sqlite. Ce dossier contient essentiellement toutes les informations requises pour lancer le modèle.

D'autres dossiers trouvés avec le modèle sont des dossiers de résultats. Ceux-ci peuvent être régénérés en lançant le modèle. En général ce sont des dossiers binaires qui peuvent seulement être lus par le modèle. Sauver ces dossiers rend facile l'analyse des résultats sans nécessité de ré-exécuter le modèle. Puisqu'ils peuvent être facilement régénérés, ces dossiers peuvent être supprimés pour ménager de l'espace sur les supports de stockage.

A la fin de l'étude le modèle établi peut être archivé sous plusieurs format qui sont expliqués ci-dessous :

- .bak : dossiers de secours des modèles
- .dgn : dossier de dessin pour la plateforme de MicroStation
- .dwg : dossier de dessin pour la plateforme d'AutoCAD
- .dwh : dossier de dessin pour la plateforme de Stand alone
- .sqlite : dossier de base de données pour la plateforme d'ArcGIS
- .nrg : résultats des calculs d'énergie