

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Licence des Sciences et Techniques

Eau & Environnement

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D ETUDE

**Étude de la dégradation du chlore dans le réseau
d'alimentation en eau potable**

**Cas du Tronçon « réservoir RAMRAM-maison HYUNDAI »
(Route Marrakech – Casablanca)**

Préparé par :

- EL BAZ Nouhaila
- FARISSI Nassima
- KASMI Salma

Encadré par :

Pr. BERRADA Samia : encadrante, (FST, Marrakech)

Mr. NEDALI Jaouad : encadrant, (RADEEMA)

Soutenu le 20 juin devant le jury :

Pr. BERRADA Samia (FST, Marrakech)

Pr. BENKADDOUR Abdelfattah (FST, Marrakech)

Année universitaire : 2022 /2023

Remerciements

On tient à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage de fin d'étude et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

On veut dans un premier temps remercier, notre encadrante au sein de la FST Madame **BERRADA Samia**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à orienter notre réflexion.

On tient à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire nos encadrants externes Monsieur **NEDALI Jaouad** ainsi que Monsieur **ABBID Abdessatar**, qui nous ont permis de développer nos connaissances dans le domaine de l'eau potable grâce à leur disponibilité; leur gentillesse, leur modestie, leur riche expérience et l'accueil cordial qu'elles nous ont toujours réservés.

On remercie également toute l'équipe de la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité Marrakech pour leur accueil et leur assistance.

On tient enfin à remercier tout particulièrement nos familles qui nous ont accordés la liberté d'action et la patience nécessaires pour réaliser ce travail ainsi que toutes les personnes qui nous ont soutenues.

Table des matières

Remerciements.....	3
Liste des figures.....	4
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations.....	5
Introduction.....	6
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA RADEEMA ET DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
I. Organisme d'accueil.....	8
1-Historique.....	10
2-Objectif de la Régie.....	10
3-Activités de la Régie.....	10
4-Schéma d'alimentation de la ville Marrakech.....	11
II. La zone d'étude.....	14
Chapitre II : Normes et Qualité d'eau potable.....	15
1- Les paramètres de qualité d'eau potable.....	16
2- La chloration.....	17
3- Mesure de la concentration du chlore résiduel sur le terrain.....	17
3.1- Principe et appareillage utilisée.....	17
a. Principe.....	17
b. Mode opératoire.....	18
c. Appareillage.....	18
Chapitre III : Simulation de la dégradation du chlore dans les réseaux d'eau potable.....	20
I. Types de chlore (Référence).....	21
II. Modélisation par le logiciel EPANET).....	22
1- Présentation du logiciel.....	22
1.1-C'est quoi EPANET	22
1.2-L'utilisation d'EPANET	22
1.3-Etape de la modélisation	23
1.4-Composants Physiques.....	23
2- Simulation de la dégradation du chlore.....	27
Chapitre IV: Résultats et recommandations.....	29
1- Comparaison des résultats.....	30
Bibliographie.....	33

Liste de figures

Figure 1 : Siège de la RADDEMA	8
Figure 2: Schéma d'alimentation en eau potable	12
Figure 3: Carte satellitaire du réseau de la distribution	13
Figure 4: image satellitaire de l'emplacement du réservoir RAMRAM ainsi que le schéma du réseau alimenté à partir de ce réservoir.....	14
Figure 5: comparateur à disque pour la mesure de la teneur en chlore résiduel total.	19
Figure 6: les différents composant du clore	21
Figure 7 : les différentes composantes d'un réseau sur EPANET	23
Figure 8: Données des bâches insérées sur Epanet 2.0	24
Figure 9: Données du réservoir insérées sur Epanet 2.0.....	24
Figure 10: Données d'un nœud de demande insérées sur Epanet 2.0.....	25
Figure 11: Données d'un tuyau insérées sur Epanet 2.0.....	25
Figure 12: Données d'une vanne insérées sur Epanet 2.0	27
Figure 13 : Réseau de notre zone d'étude tracé sur Epanet	28
Figure 14: Résultat de la simulation du chlore en mg/L.....	28
Figure 15: Histogramme représentant la différence entre les mesures réelles et les résultats de simulation.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différents services de la Régie.....	10
Tableau 2 : Coordonnées des points de prélèvements	14
Tableau 3: paramètres physico-chimiques	16
Tableaux 4 :Formules de perte de charge totale, pour toute la longueur de la canalisation en charge (la perte de charge est exprimée en m.c.e et le débit en m ³ /s).....	26
Tableau 5: Comparaison des mesures réelles et des résultats de simulation.....	30

Listes des abréviations

RADEEMA : Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité Marrakech.

ONEE : Office National de l'Electricité et de l'Eau potable.

EPANET: Environmental Protection Agency Network Evaluation Tool.

AC: Amiante Ciment.

PVC : Polychlorure de Vinyle.

INTRODUCTION

Le développement des réseaux de distribution d'eau potable est un enjeu important pour les populations à travers le monde. Avoir un système de distribution d'eau potable bien conçu et bien fonctionnel est essentiel pour assurer un accès sûr et fiable à cette denrée vitale. Cela permet aux populations de bénéficier d'une eau sûre et salubre, sans risque de contamination.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons effectué un stage au sein de la RADEEMA visant à créer un modèle hydraulique pour le secteur alimenté depuis route casa, tronçon reliant le réservoir RamRamau point de branchement de la maison Hyundai, à l'aide du logiciel EPANET, et modéliser ainsi la dégradation du chlore au fur et à mesure de l'écoulement de l'eau sur ce tronçon.

L'objectif était de simuler à la fois l'écoulement et la qualité de l'eau. En conclusion de ce travail, des solutions appropriées pour remédier à ce problème ont été proposées.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA RADEEMA ET DE LA ZONE D'ETUDE

I-Organisme d'accueil

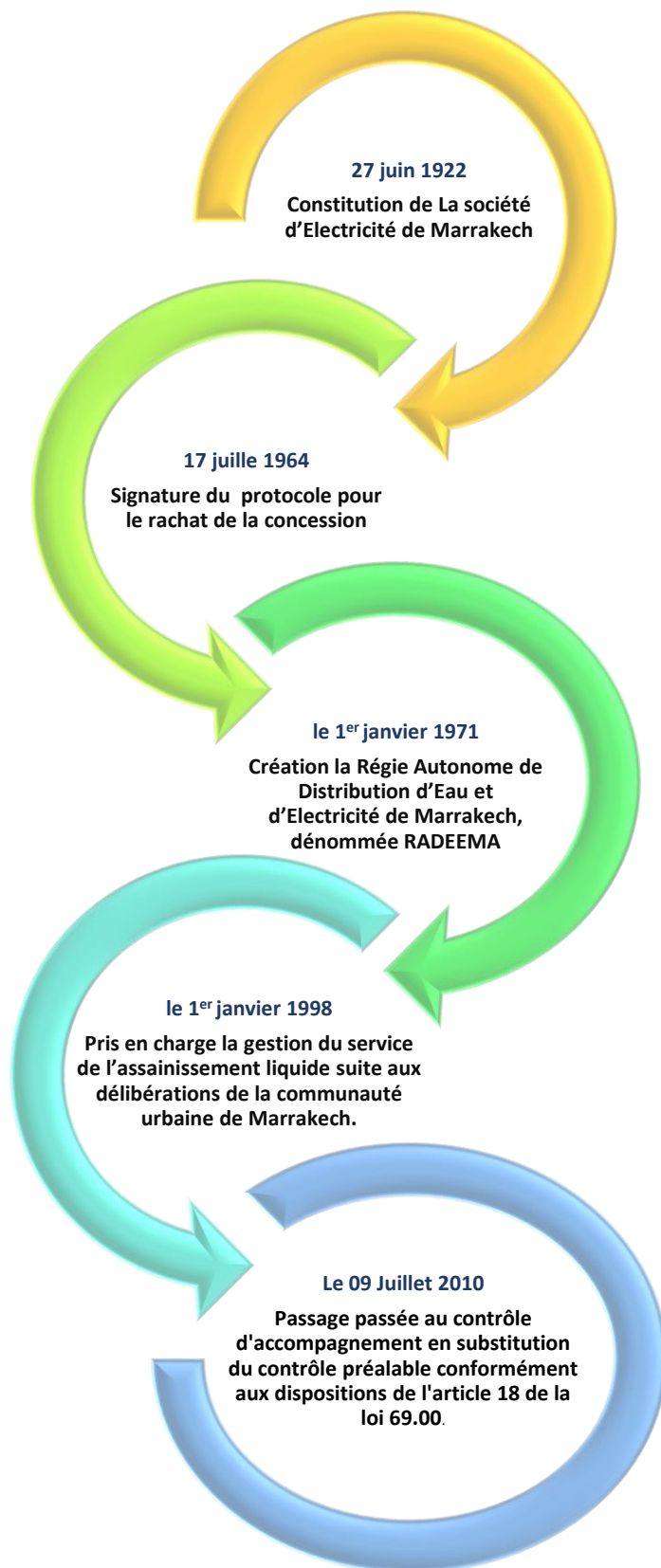
- Depuis sa création en 1922, la Société d'Electricité de Marrakech a connu de nombreux changements qui ont contribué à sa transformation en Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech (RADEEMA).
- La RADEEMA est aujourd'hui responsable de la gestion des services d'électricité, d'eau et d'assainissement liquide de la ville de Marrakech.



Figure 1 : Siège de la RADEEMA

1- Historique

Les différents services ont été mis en travail dès le début du 20-ème siècle cela est indiqué dans le schéma ci-dessous :



2- Objectifs de la Régie

Les principaux objectifs de la RADEEMA concernant la distribution d'eau potable sont les suivants :

- Assurer la continuité de service dans les meilleures conditions de débit, de pression et de qualité.
- Sauvegarder le patrimoine de la régie relatif à la distribution d'eau (réservoirs, conduites, équipements...etc.)
- Lutter contre les pertes d'eau physiques (fuites).

3- Activités de la Régie

Les propriétaires activités de la RADEEMA sont : (Tab : 1)

- La distribution de l'eau potable tout en respectant les conditions du débit, de pression, de qualité ainsi que toutes les stipulations des lois et du règlement en vigueur.
- La gestion du service d'assainissement liquide, y compris le maintien du bon fonctionnement de la STEP
- Le raccordement au réseau d'électricité.

Caractéristique	Eau potable	Assainissement	Electricité
Nombre des clients	400000	330000	330000
Nombre des branchements	4000 / an	170000	60000/an
Linéaire du réseau	3000 km	3000km	4000 km
Taux de branchement	98%	94%	98.80%

Tableau 1 : Les différents services de la Régie

4- Schéma d'alimentation de la ville Marrakech

Marrakech est alimentée à partir du Sud de la ville, majoritairement depuis les eaux superficielles du canal rocade issues du barrage Hassan 1^{er}. Une alimentation de secours est également opérationnelle à partir des barrages Lalla Takerkoust et Yacoub El Mansour. La production d'eau potable est assurée par l'ONEE-Branche Eau. La RADEEMA se charge de la distribution dans son périmètre d'action composé de la ville de Marrakech et des communes Ouahat Sidi Brahim et Tassoultant.

Récemment, la partie nord de Marrakech est alimentée en eau depuis le réservoir RAMRAM d'une capacité de 30 000 m³, grâce à une canalisation qui est reliée au barrage MASSIRA. Ce projet vise à renforcer l'approvisionnement en eau de la ville (fig. 2).

La sécheresse qui a affecté le Maroc au cours des années précédentes, le niveau de remplissage du barrage responsable sur l'alimentation de la ville de Marrakech a baissé, ce qui a abouti à un changement de la source d'alimentation (barrage Hassan 1^{er}) à barrage Massira. C'est la raison pour laquelle une partie des consommateurs de la ville de Marrakech ont remarqué le changement de goût.

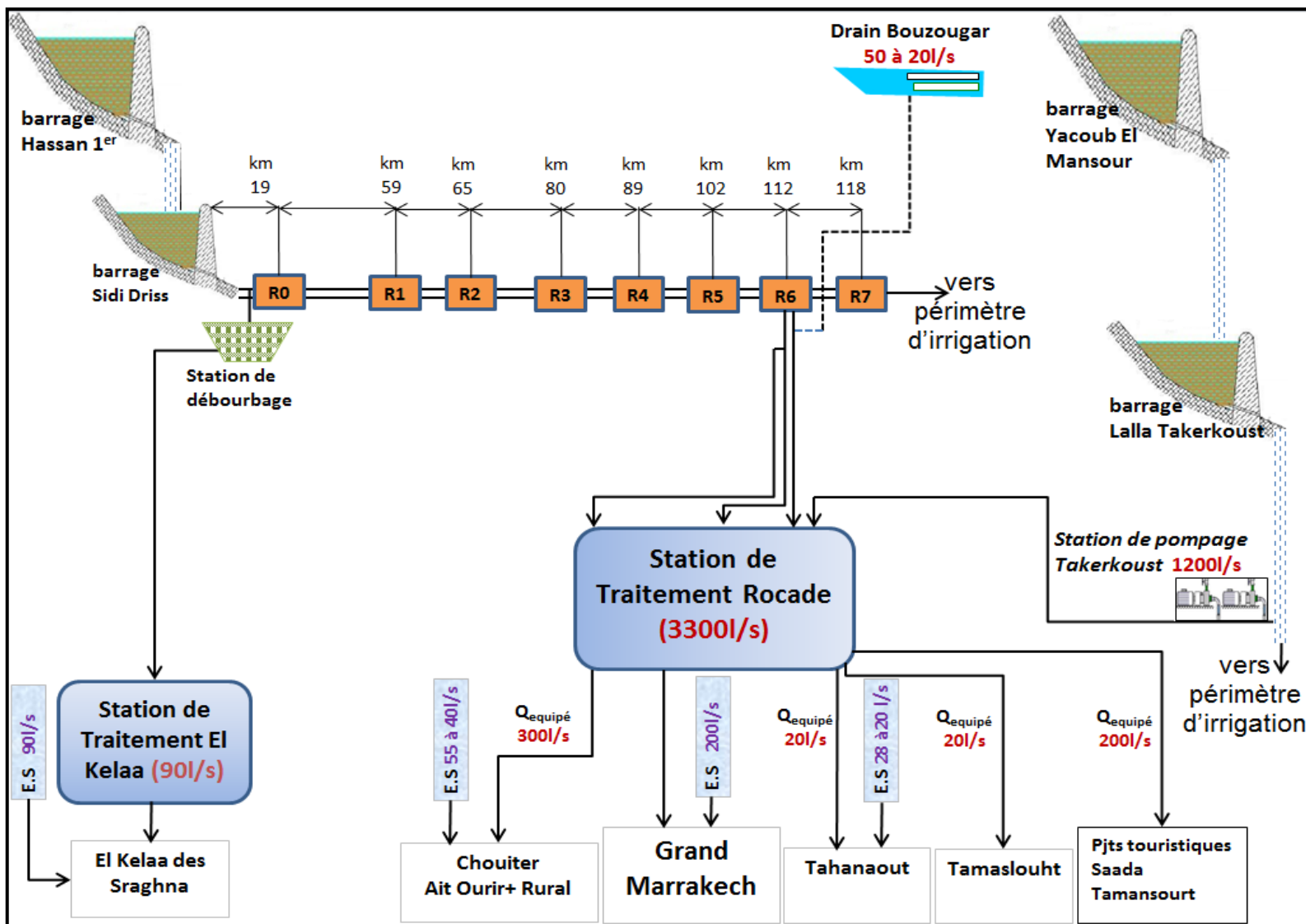


Figure 2: Schéma d'alimentation en eau potable (Document externe-RADEEMA/2023)

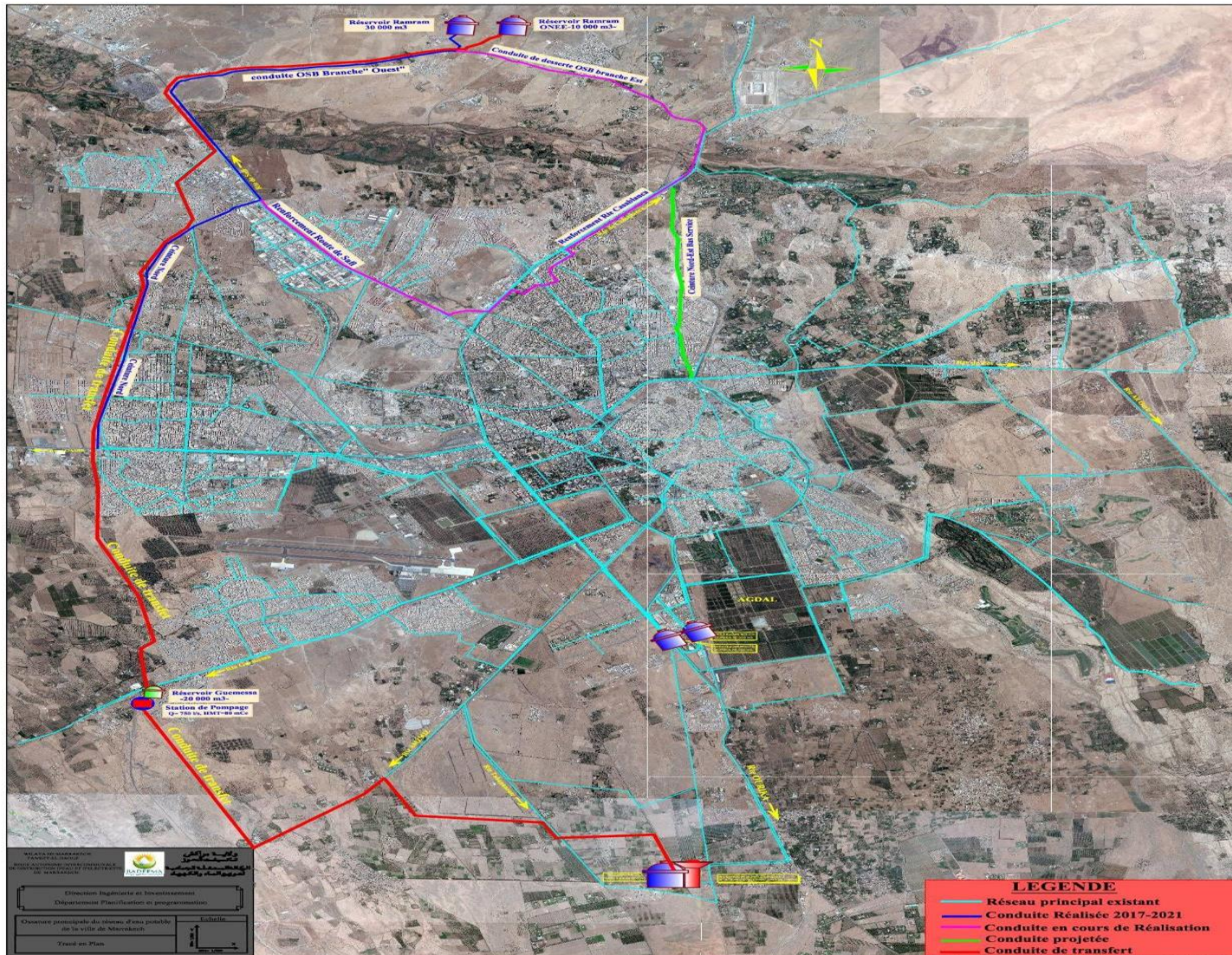


Figure 3: Carte satellitaire du réseau de la distribution(Document externe-RADEEMA/2023)

II. La zone d'étude

Cette étude est appliquée sur le tronçon qui relie le réservoir RAMRAM jusqu'au point de branchement de la maison Hyundai sur la route liant Marrakech à casa). Les points de prélèvements des échantillons d'eau potable sont présentés dans le tableau ci-dessous (tab. 2)

Point de mesure	X	Y	Z (Altitude)
1 (Réservoir, point de départ)	31,721	-8,0388	503
2	1595,55	6641,93	430
3	3135,44	6270,87	401
4	3079,78	7588,13	423,27
5	4860,85	8682,75	437,05
6	2040,82	3970,32	405
7	6085,34	6641,34	427 ,23

Tableau 2 : Coordonnées des points de prélèvements d'eau potable

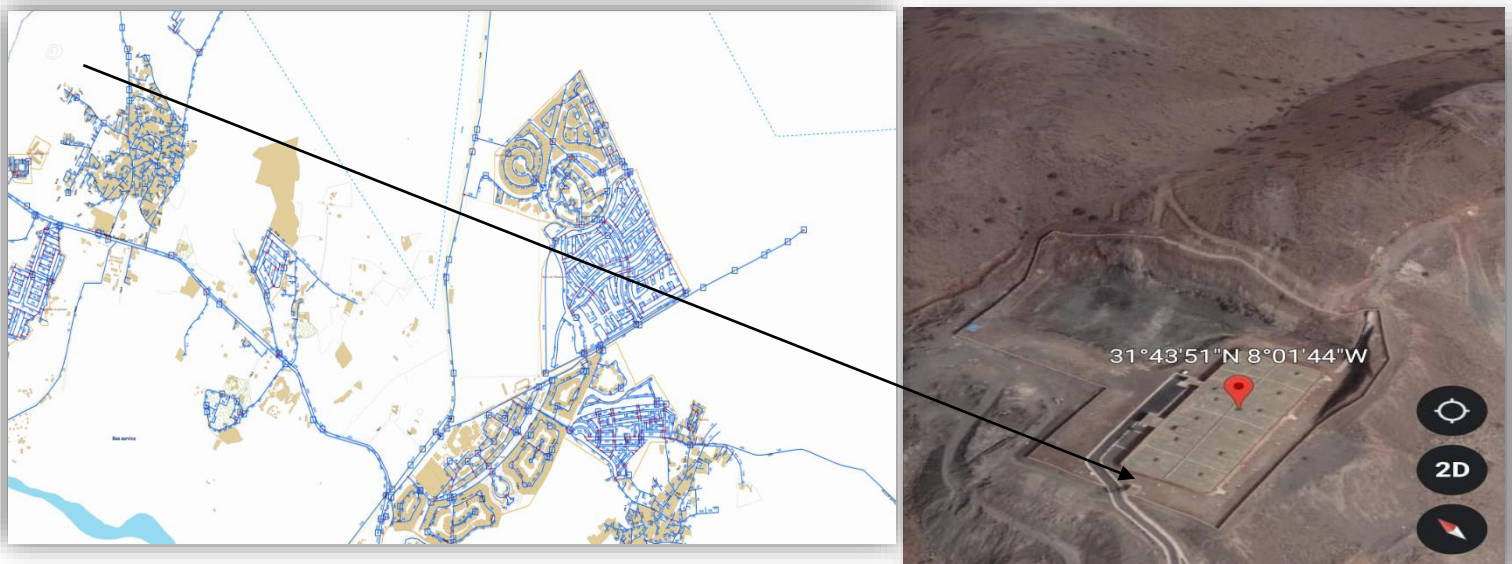


Figure 4: image satellitaire de l'emplacement du réservoir RAMRAM ainsi que le schéma du réseau alimenté à partir de ce réservoir. (Document externe-RADEEMA)

Chapitre II

Normes et Qualité d'eau potable

La mesure de concentration du chlore se fait d'après plusieurs paramètres , la turbidité , la température , pH et la chlore ,etc... Celui-ci pour quantifier la pollution organique d'eau afin d'avoir une eau potable .

1. Les paramètres de qualité d'eau potable

Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier les polluants organiques sont normalisées suivant les normes Marocaines MN ISO 7027-1 ou MN ISO 7027-1 (Tab : 1).

Paramètres	Méthodes	Expression des résultats	VMA	Normes marocaines
Turbidité	Qualité de l'eau-Détermination de la turbidité : Partie 1 : Méthodes quantitatives	Unité de turbidité Néphélométrie	5	MN ISO 7027-1 MN ISO 7027-1
	Qualité de l'eau-Détermination de la turbidité : Partie 2 : Méthodes semi quantitative pour l'évolution de la transparence des eaux	(NTU)		
Température	Eau d'alimentation humaine – détermination de la température	° C	Acceptable	NM 03.7.008
pH	Qualité de l'eau – détermination du pH	Unité Ph	6.5 < pH < 8,5	MN ISO 10523
Conductivité	Qualité de l'eau – détermination de la conductivité électrique	uS/cm à 20 °C	2700	NM ISO 7888
Chlorure	Qualité de l'eau, dosage des chlorures, titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (méthode de Mohr)	Cl : mg/l	750	NM ISO 9297
	Eau d'alimentation humaine – détermination des chlorures, dosage volumétrique par la méthode au nitrate mercurique			NM 03.7.024

Tableau 1: paramètres physico-chimiques

2. la chloration

- La chloration est une méthode de désinfection largement répandue dans le traitement des eaux. Ce traitement vise à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactérie, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. En effet, la chloration demeure le procédé le plus utilisé en Maroc à cause de son efficacité, sa simplicité de la mise en œuvre et de son effet rémanent.
- À mesure que l'eau se déplace dans le système de distribution, elle subit des réactions physiques, chimiques et biologiques qui altèrent sa qualité.
- Ces réactions surviennent non seulement dans la masse liquide, mais encore au niveau de l'interface eau-paroi. Elles dépendent entre autres des conditions d'écoulement, du pH, de la température, de la composition chimique de l'eau et de la nature du matériau de la conduite.
- La chloration s'effectue en premier temps à l'ONEE comme dernière étape de la désinfection d'eau potable, cette dernière est rarement utilisée une deuxième fois à la RADEEMA juste s'il est nécessaire pour assurer la stabilité de la potabilité d'eau tout au long de son parcours au sein des conduites.

3. Mesure de la concentration du chlore résiduel sur le terrain

Les mesures de la concentration du chlore résiduel exige un principe est un mode opératoire très spécifique .

3.1-Principe et appareillage utilisée

a. Principe

Le dosage du chlore résiduel total doit être effectué sur place au moment du prélèvement afin d'éviter toute modification de la composition chimique de l'échantillon, c'est la somme du chlore résiduel libre et du chlore résiduel sous forme de chloramines (NH_2Cl :amine chlorée). Les analyses ont été effectuées selon les normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation .03.7.007.

L'orthotolidine : c'est un réactif liquide employé dans la détection du chlore. Il réagit instantanément avec le chlore libre, mais lentement avec le chlore combiné. Lorsqu'on ajoute ce réactif dans l'eau contenant du chlore il devient jaune, tel que l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration en chlore (plus la concentration en chlore est élevée, plus la couleur de la solution est sombre).

b. Mode Opérateur

Cas du prélèvement au robinet :

- Laisser couler l'eau pendant quelques minutes
- Introduire dans le tube une quantité d'eau à analyser à laquelle on ajoute quelque goutte d'orthotolidine.
- Agiter, attendre quelques minutes.
- Placer le tube contenant l'échantillon et le réactif dans le compartiment de droite du comparateur, dont on a déjà placé le disque colorimétrique, et la cuve contenant un échantillon sans réactif dans le compartiment de gauche.
- Tenir verticalement le comparateur à une distance de 30 cm des yeux face à une surface blanche uniformément éclairée.
- Tourner le disque jusqu'à ce que les couleurs se ressemblent.
- Lire les résultats dans la fenêtre en bas à droite pour les disques à 9 étalons ou en haut à droite pour disque à 10 étalons.(Fig : 5)

c. Appareillage

- Un comparateur.(Fig: 5)
- Un disque colorimétrique comportant des étalons de couleurs en verre coloré dans la masse.
- Deux tubes destinés à contenir l'échantillon à analyser.



Figure 5: comparateur à disque pour la mesure de la teneur en chlore résiduel total.

(<http://www.water-kits.fr/produits-122-Comparateurs.html>)

Chapitre III

Simulation de la dégradation du chlore dans les réseaux d'eau potable de la zone d'étude

I. Types de composants à chlore

Le chlore est un gaz jaune verdâtre qui est plus dense que l'air. Il est caractérisé par son numéro atomique 17 et son symbole Cl, ainsi que par son odeur irritante et désagréable. Le chlore prévient le développement des bactéries pendant le transport de l'eau, notamment quand les températures sont élevées (note cas ville Marrakech).Il est couramment utilisé pour désinfecter l'eau et oxyder les composés responsables des mauvaises odeurs et des mauvais goûts.

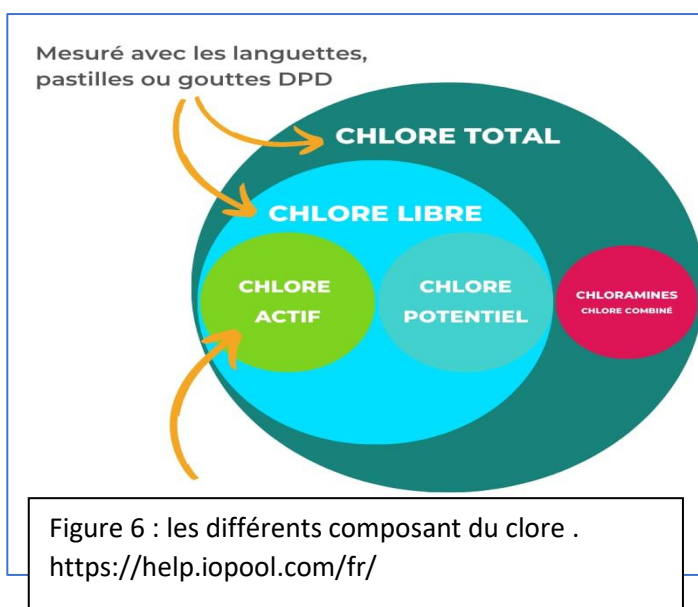
Le composant à chlore nommé « chlore total » inclut le « chlore libre » et le « chlore combiné » présents dans l'eau. En d'autres termes, le chlore total est la somme du chlore libre et du chlore combiné dans l'eau :

Chlore total = chlore libre + chlore combiné

Le chlore libre est la part du chlore potentiellement désinfectant présente dans l'eau. Il se divise en deux parts, déterminées par le pH d'eau. Plus le pH de l'eau est élevé, moins la part de chlore actif (HClO) sera importante.

Il est donc capital de garder un pH situé entre 7,2 et 7,4 pour garantir une efficacité optimale du chlore.

- Le chlore actif représente la forme active, efficace vis-à-vis des bactéries, virus et algues.
- Le chlore combiné = chloramines est le chlore consommé par la désinfection.
- Le chlore potentiel : c'est l'agent préventif qui va libérer du chlore actif en fonction du pH de l'eau.



Après avoir éliminé les impuretés de l'eau, le chlore actif se transforme en chlore combiné qui ensuite s'évapore et crée cette odeur caractéristique de chlore. (<https://help.iopool.com/fr/>) ; Modifiée

Quelques tendances importantes de la chloration de l'eau potable :

- Plus la chloration augmente, plus la désinfection est courte.
- Plus la température est élevée, plus la chloration est efficace.

- Plus le niveau de pH est élevé (l'eau est plus alcaline), moins la chloration est efficace.
- Plus l'eau est trouble, moins la chloration est efficace.

II. Modélisation par le logiciel EPANET

La modélisation des réseaux de distribution d'eau potable est devenue facile à l'aide du logiciel EPANET qui donne une bonne estimation des débits, des pressions d'eau dans les conduites, sans oublier son rôle important dans la simulation de la qualité. Dans notre cas on parle de la qualité en chlore ou la dégradation du chlore dans le réseau étudié.

1-Présentation du logiciel

1.1- C'est quoi EPANET ?

EPANET est un modèle de simulation servant, entre autres, à l'analyse de systèmes de distribution d'eau potable. Cette analyse comprend la simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression (conduites). C'est un logiciel du domaine public qui a été développé pour « Environmental Protection Agency ». On sait qu'un réseau est un composé de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET peut calculer différentes variables comme la pression à chaque nœud, le niveau d'eau dans les réservoirs, ainsi que la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du système.

L'utilisation d'EPANET est très diversifiée, et porte principalement sur :

- › La régulation des pressions dans le réseau,
- › La détection des zones de fonctionnement déficitaire,
- › Le dimensionnement du réseau,
- › L'évolution de la qualité de l'eau ...

1.2 -Etape de la modélisation d'EPANET

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes:

- Dessiner un réseau représentant le système de distribution
- Saisir les propriétés des éléments du réseau
- Décrire le fonctionnement système
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation
- Lancer une simulation hydraulique
- Visualiser les résultats d'une simulation Cette partie expose les principes de base du travail du logiciel EPANET, au niveau des objets physiques constituant le réseau et les méthodes de calcul utilisés.

1.4- Paramètres Physiques

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des baches. La figure ci-dessous (fig. 7) indique les liaisons entre les différents objets formant le réseau.

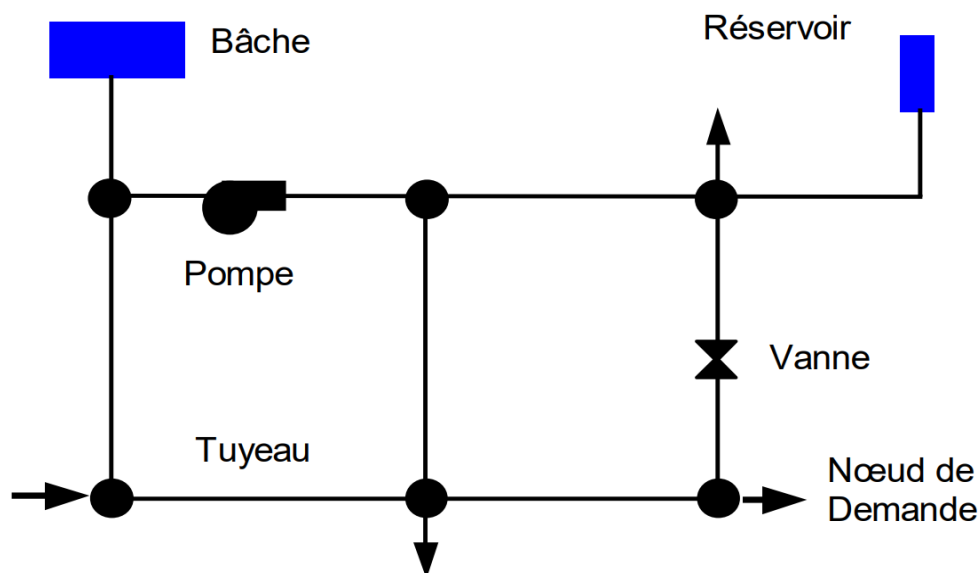


Figure 7 : les différentes composantes d'un réseau sur EPANET

- **Bâche**

Les bâches sont des nœuds représentant soit une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les fleuves, les couches aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs (fig : 7)

Bâche 1	
Propriété	Valeur
*ID Bâche	1
Coordonnée X	4434,14
Coordonnée Y	6957,33
Description	
Genre	
*Charge Totale	0
Courbe Modul. Charge	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	
Débit Net d'Entrée	Sans Valeur
Charge	Sans Valeur
Pression	Sans Valeur
Qualité	Sans Valeur

Figure 8: Données des bâches insérées sur Epanet 2.0

- **Réservoirs**

Les Réservoirs sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base pour des réservoirs sont les suivantes.

Réservoir 1	
Propriété	Valeur
*ID Réservoir	1
Coordonnée X	2152,13
Coordonnée Y	5343,23
Description	
Genre	
*Altitude du Radier	0
*Niveau Initial	2
*Niveau Minimal	0
*Niveau Maximal	4
*Diamètre	20
Volume Minimal	
Courbe de Volume	
Modèle de Mélange	Parfait
Fraction de Mélange	
Coef. de Réaction	
Qualité Initiale	

Figure 9: Données du réservoir insérées sur Epanet 2.0

- **Nœuds de Demande**

Les Nœuds de Demande sont les points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit. Les données d'entrée minimales exigées pour les nœuds de demande sont :

Noeud de Demande 1	
Propriété	Valeur
*ID Noeud	1
Coordonnée X	4749,54
Coordonnée Y	6493,51
Description	
Genre	
*Altitude	0
Demande de Base	0
Courbe Modul. Demande	
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	
Demande Actuelle	Sans Valeur
Charge	Sans Valeur
Pression	Sans Valeur
Qualité	Sans Valeur

Figure 10: Données d'un nœud de demande insérées sur Epanet 2.0

- **Tuyaux**

Les tuyaux sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à l'autre. EPANET suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant.

Tuyau 1	
Propriété	Valeur
*ID Tuyau	1
*Noeud Initial	1
*Noeud Final	2
Description	
Genre	
*Longueur	100
*Diamètre	200
*Rugosité	0,1
Coeff. Pertes Singul.	0
État Initial	Ouvert
Coef. Réact. dans la Masse	
Coef. Réact. aux Parois	
Débit	Sans Valeur
Vitesse	Sans Valeur
Perte Charge Unitaire	Sans Valeur
Facteur de Friction	Sans Valeur

Figure 11: Données d'un tuyau insérées sur Epanet 2.0

L'eau s'écoule de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée (altitude + pression, ou énergie interne par poids d'eau) à celle qui a la charge hydraulique la plus faible. Les données de base pour les tuyaux sont :

Parmi Les valeurs calculées pour les tuyaux ont trouvent **La perte de charge** ou la charge hydraulique perdue à cause du frottement de l'eau avec les parois du tuyau peut être calculée en utilisant une de ces trois formules : (Tab : 4)

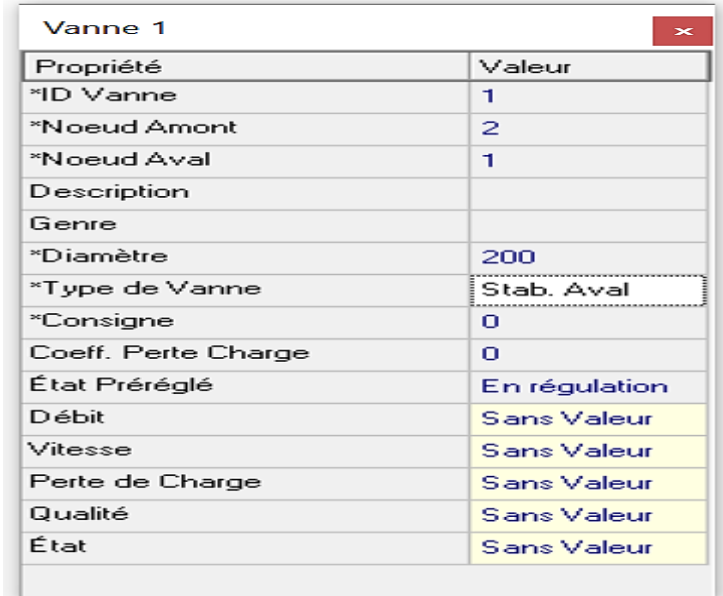
- Formule de Hazen-Williams
- Formule de Darcy-Weisbach
- Formule de Chezy-Manning

<i>Formule</i>	<i>Coefficient de Résistance (A)</i>	<i>Exposant du débit (B)</i>
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5.33} L$	2
Explication des symboles: C = coefficient de rugosité de Hazen-Williams ϵ = coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach (m) f = facteur de friction (dépend de ϵ , d, et q) n = coefficient de rugosité de Manning d = diamètre du tuyau (m) L = longueur du tuyau (m) q = débit (m ³ /s)		

Tableau 4 : Formules de perte de charge totale, pour toute la longueur de la canalisation en charge (la perte de charge est exprimée en m.c.e et le débit en m³ /s)

- **Vannes :**

Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau. Leurs principaux paramètres d'entrée sont :



Propriété	Valeur
*ID Vanne	1
*Noeud Amont	2
*Noeud Aval	1
Description	
Genre	
*Diamètre	200
*Type de Vanne	Stab. Aval
*Consigne	0
Coeff. Perte Charge	0
État Préréglé	En régulation
Débit	Sans Valeur
Vitesse	Sans Valeur
Perte de Charge	Sans Valeur
Qualité	Sans Valeur
État	Sans Valeur

Figure 12: Données d'une vanne insérées sur Epanet 2.0

2-Simulation de la dégradation du chlore

Dans notre zone d'étude tracée sur Epanet, on peut visualiser la topologie des réseaux, les caractéristiques des conduites, les nœuds de jonction, les réservoirs, les vannes, etc. Ce logiciel permet d'optimiser la conception des réseaux d'eau potable et de prévoir les besoins en eau pour une population donnée.(fig: 12)

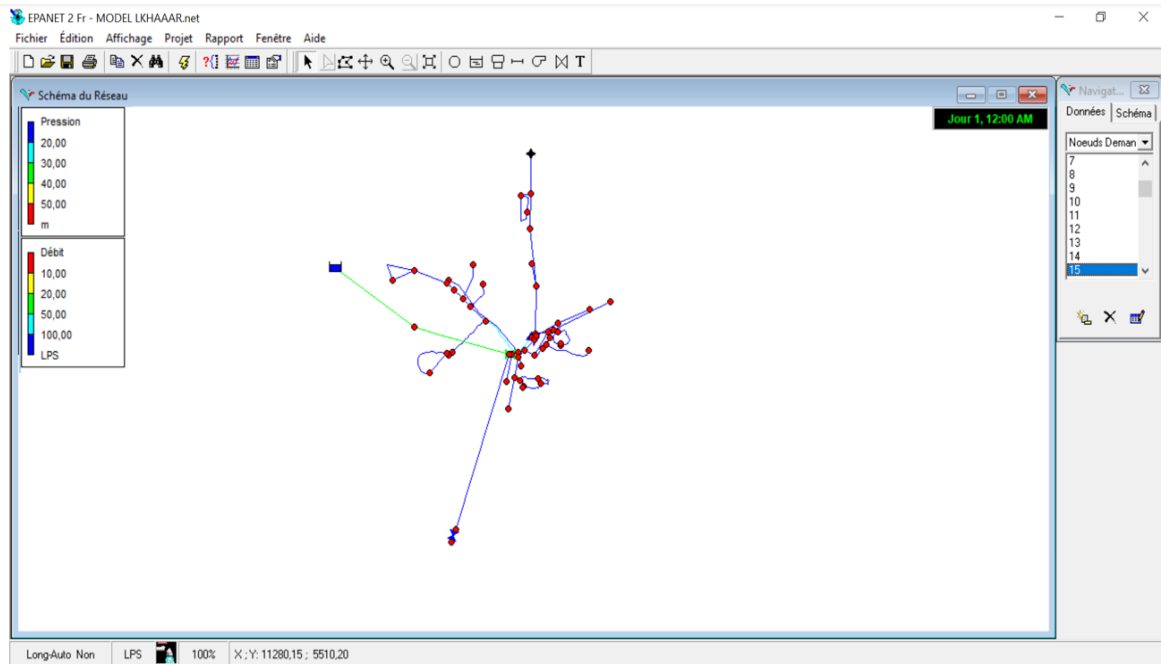


Figure 13 : Réseau de notre zone d'étude tracé sur Epanet

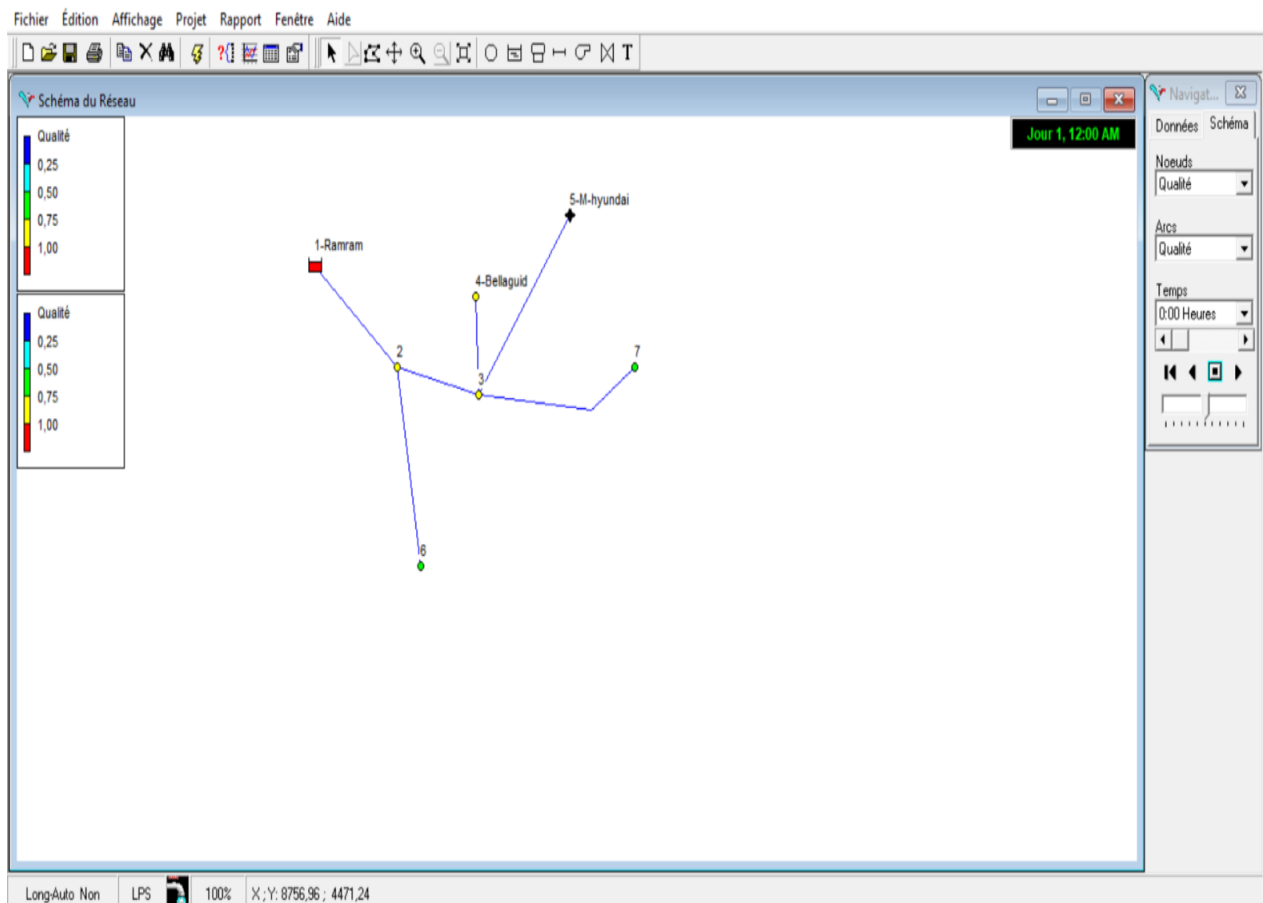


Figure 14: Résultat de la simulation du chlore en mg/L.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats présentent les mesure réel de concentration de chlore au sept points en commençant pas le réservoir (Ramram) jusqu'au maison HYUNDAI .

1- Comparaison des résultats.

Point de mesure	X ; Y	Mesure Réelles	Résultat de Simulation	Fiabilité de la simulation %
1-Ramram	X : 3745,11 Y : 7996,29	1 mg/l	1 Mg/l	100%
2-	X :1595,55 Y :6641,93	0,9 mg/l	0,88 mg /l	97,77 %
3-	X :3135,44 Y :6270,87	0,83 mg/l	0,80 mg /l	96,38 %
4-	X :3079,78 Y :7588,13	0,80 mg/l	0,77 mg/l	96,25 %
5-	X :4860,85 Y :8682,75	0,76 mg/l	0,70 mg/l	92,10 %
6-	X :2040,82 Y :3970,32	0,71 mg/l	0,50 mg/l	70 %
7-	X :6085,34 Y :6641,93	0,68 mg/l	0,65 mg/l	95,58 %

LA VALEUR DE FIABILITE = 92,58 %

Tableau 5 :Comparaison des mesures réelles et des résultats de simulation.

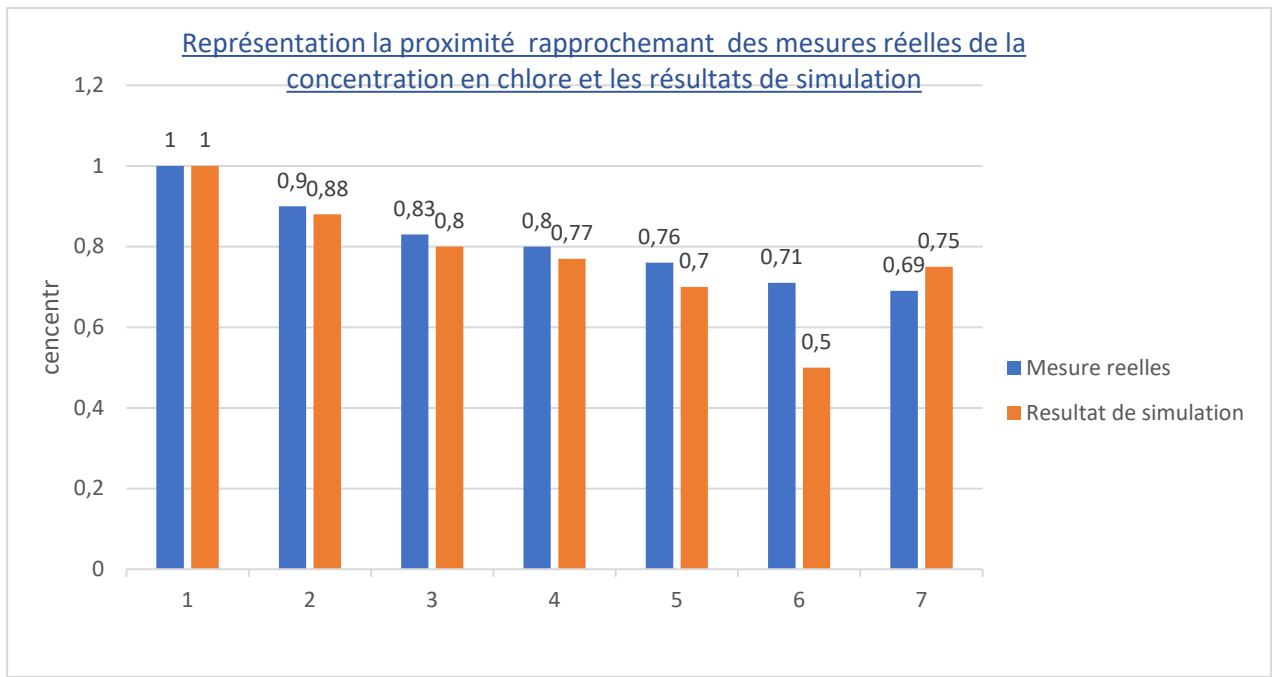


Figure 15: Histogramme représentant la différence entre les mesures réelles et les résultats de simulation.

○ **Constats :**

Les résultats de la simulation ont montré que 6 points sur 7 points présentent des valeurs proches de la réalité d'où un pourcentage de fiabilité avoisinant les 92,58 %.

Toutefois, notre simulation a généré une valeur qui diverge légèrement de la valeur réelle, cela peut être expliqué par des inexactitudes du calage du modèle en ce point (altitude, demande en eau, turbulence d'écoulement).

Ainsi, on peut conclure que la simulation hydraulique de la dégradation du chlore moyennant le logiciel E-PANET demeure le meilleur moyen pour approcher les valeurs réelles mesurées sur le terrain.

○ **Recommandation et Conclusion**

✓ Afin d'augmenter le pourcentage de fiabilité de la simulation, et remédier au problème de la dégradation excessive du chlore, nous recommandons ce qui suit :

- **Fiabilisation de la simulation:**
 - Mettre à jour les données de calage (diamètre, longueur, rugosité, altitude...)
 - Intégrer d'une manière périodique (chaque mois) les nouveaux lotissements au modèle et mettre à jour la demande en eau.
 - Utilisation de la dernière version du programme EPANET.

- **Lutte contre la dégradation excessive du chlore:**
 - Rincer et désinfecter les instruments de mesures.
 - Vidanger et rincer les conduites après stagnation des eaux, et ce, avant leur mise en service.
 - Rénover les conduits en AC sur le réseau par des conduits en PVC.
 - Ainsi Marrakech a un climat subtropical, il est important de maintenir une profondeur suffisante pour le conduit afin que la température ne puisse pas affecter la dégradation du chlore.

✓ Pour conclure, Cette étude a pour objectif d'améliorer la précision des informations sur la qualité de l'eau à l'échelle de notre zone donnée en élaborant un modèle de prédiction des concentrations en chlore résiduel libre.

Pour ce faire, différentes démarches ont été entreprises, notamment des prélèvements in situ dans différents points pour évaluer la concentration initiale en chlore de 1 mg/l.

Ensuite, une simulation de la dégradation du chlore a été établie à l'aide du logiciel EPANET pour vérifier les résultats obtenus précédemment. Nous avons constaté que le taux de dégradation de la concentration en

chlore résiduel libre est faible en raison du renouvellement du réseau (conduites, nœuds, etc...).

Bibliographies

- Base de données de la RADEEMA (Système d'Informations
- Canada.Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le chlore .Disponible sur www.canada.ca
- Consultations et avis du personnel de la Radeema.
- Consultation, avis, observations et orientations du Pr. BERRADA Samia (consultation personnel 2023).
- Documents internes propres à la RADEEMA.
- EPANET 2.0, Simulation Hydraulique et Qualité, pour les Réseaux d'Eau sous Pression
- Géographiques, Laboratoire d'Analyse d'Eau Potable).
- Hallam, N.B., J.R. West, CF. Forster, J.C. Powell et I. Spencer 2002. The decay of chlorine associated with the pipe wall in water distribution systems. Water Research, 36(14): 3479-3488.
- Logiciel Google Map pour les prises satellitaires.
- Les équations mathématiques ; Chezy-Manning, Hazen-Williams, Darcy-Weisbach. www.wikipedia.com
- Normes marocaines relatifs aux eaux d'alimentation humaine.
- Rapport de Gestion de la RADEEMA, 2017, P3.P5.P6
- Site officiel de la Radeema : www.radeema.ma
- Site Sedif : www.sedif.com/chlore.aspx