

Département des Sciences de la Terre

Licence Science et Techniques

Eau et Environnement

Circuit de l'eau potable de la mine DRAA SFAR et optimisation de la distribution de l'eau.

Réalisé par : OUKADDOUR Kaoutar et SABIK Ihsan

Soutenu : Le 25 juin 2018

Devant le jury composé de :

Mr. BENKADDOUR Abdelfatah : (FST-Marrakech), Encadrant interne.

Mme. RMIKI Amina : (CMG-DRAA SFAR), Encadrante externe.

Mr. HIBTI Mohammed: (FST-Marrakech), Examineur.

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2017-2018.

DEDICACES

Louange à Dieu le tout puissant.

A nos chers parents,

Source de tendresse, pour leurs soutiens et leurs sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bonheur.

A nos frères et sœurs,

Pour leurs encouragements, leurs présence dans les moments difficiles.

A nos amis,

Pour leurs aides et leurs amours.

A nos enseignants et professeurs,

Pour leurs patiences, efforts, et dévouement.

Et à tous ceux qui ont rendu ce rapport finalement réalisable.

Remerciement

Au terme de ce travail, nous ne pouvons commencer sans citer les noms et présenter nos profonds remerciements aux nombreuses personnes qui ont rendu la réalisation de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements dans un premier temps ainsi que toute nos reconnaissances à notre encadrant Monsieur BENKADDOUR Abdelfattah qui nous a fait bénéficier de son savoir-faire, de ses conseils appréciables, et de sa disponibilité. Il nous a codirigé, avec patience, et nous a guidés à chaque étape de sa réalisation en nous faisant bénéficier de ses compétences dans le domaine des sciences de l'eau.

Nos remerciements sont adressées, aussi, à notre encadrante Mme RMIKI Amina pour avoir dirigé notre travail et nous avoir permis de le réaliser dans les meilleures conditions. Nous tenons particulièrement à la remercier de la liberté d'action qu'elle nous a donnée à chaque étape de ce travail. Nous espérons avoir été dignes de la confiance qu'elle nous a accordée et que ce travail est finalement à la hauteur de ses espérances.

Nos remerciements vont, également, à tout membre de l'équipe qualité-sécurité-environnement, de la mine DRAA SFAR, pour leur bienveillance, la réponse aux questions et toute sorte d'aide fournie pendant la période de stage.

Nous tenons particulièrement à remercier, Monsieur HIBTI pour avoir accepté d'évaluer notre travail de nous faire part de leurs remarques.

On désire remercier aussi tous les professeurs du Département des Sciences de la terre de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech ainsi que notre responsable de filière EE Mme Bourjeoini, pour les efforts déployés au cours de notre formation académique, et pour leurs conseils.

Enfin, merci à tous ceux qui nous ont soutenus et encouragés de loin et de près pour la réalisation de ce projet de fin d'études.

Résumé

Le présent projet porte sur une étude qualitative et quantitative du réseau de distribution, du forage et de l'eau alimentant le site minier DRAA SFAR, dans le but d'évaluer la qualité des eaux distribuées au niveau de la mine, et mettre en évidence les défaillances que présente le réseau de distribution.

Dans cet objectif, nous avons procédé au calcul du bilan de consommation de l'eau destinée à l'alimentation humaine, et à sa caractérisation physico-chimique et bactériologique ainsi qu'au développement de solutions proposées pour améliorer la qualité de la distribution de ces eaux.

Liste des figures

Figure 1 : Différentes filiales du groupe <i>Managem</i>	12
Figure 2 : Localisation du gisement de DRAA SFAR sur un extrait de la carte géologique des Jebilet centrales au 1/500 000 (Ibouh et al 2011).	14
Figure 3 : Températures moyennes mensuelles de la ville de Marrakech du Janvier 2017 à Avril 2018.....	16
Figure 4 : Précipitations mensuelles de la ville de Marrakech durant la période Janvier 2017 à Avril 2018.....	17
Figure 5 : Hydrographie du bassin versant Tensift (Pascon, 1986).....	18
Figure 6 : Circuit de l'eau potable de la mine DRAA SFAR sud (Google Earth).....	23
Figure 7 : Histogramme de la consommation en eau potable au niveau de la mine de Draa Sfar.....	27
Figure 8 : Répartition de la consommation de l'eau du forage durant la période 2012-2017	28
Figure 9 : Courbes d'étalonnage des concentrations de potassium et du sodium.	34
Figure 10 : Diagramme bête à corne (Actinnovation).....	40
Figure 11 : Fonctionnement de l'ozonateur (Piscineinfoservice).	44
Figure 12 : Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination. (Noel et al, 2000).....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales caractéristiques du forage équipé SH1 (CMG-DRAA SFAR)	21
Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la mine DRAA SFAR comparée à l'eau potable de MARRAKECH.....	36
Tableau 3 : Plage des valeurs du titre hydrotimétrique.....	37
Tableau 4 : Substances toxiques-indésirables.....	38
Tableau 5 : Paramètres microbiologiques.....	38
Tableau 6 : Consommation mensuelle d'eau de forage en m3 au niveau de la mine DRAA SFAR par unité consommatrice en 2017	41
Tableau 7 : Avantages et inconvénients de chacune des méthodes de désinfection.	47

Sommaire

DEDICACES	2
Remerciement	3
Résumé.....	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Introduction	10
Chapitre 1 : Cadre général	11
I. Généralités sur le groupe <i>Managem</i> :	12
1. Présentation du groupe :	12
2. Filiales :	12
3. Missions :	13
4. Historique :	13
II. Généralités sur le site d'étude :	13
1. Présentation globale de la mine :	13
2. Situation géographique :	14
3. Techniques d'exploitation minière :	15
4. Cadre climatique :	15
4.1. Température :	15
4.2. Précipitations :	16
5. Cadre hydrologique :	17
6. Contexte géologique du site minier :	18
Chapitre 2 : Circuit et bilan de la consommation de l'eau potable au niveau de la mine DRAA SFAR.....	20
I. Principaux ouvrages de l'eau de forage :	21
1. Forage d'eau :	21
2. Réservoir d'eau :	21
II. Dimensionnement du réseau de distribution de l'eau	22
1. Circuit de l'eau potable :	22
2. Eléments constitutifs du réseau de distribution d'eau potable :	24

2.1. Canalisations :	24
2.2. Compteurs :	24
2.3. Vannes :	25
2.4. Poteaux d'incendie :	25
3. Anomalies du réseau de distribution d'eau du forage :	25
3.1. Pertes d'eau dans le réseau :	25
3.2. Dégradation de la qualité de l'eau :	26
III. Bilan de consommation en eau potable :	26
1. Historique de la consommation d'eau potable :	26
Chapitre 3 : Analyse de la qualité des eaux du forage de la mine DRAA SFAR.	30
I. Echantillonnage :	31
1. Prélèvement et conservation d'un échantillon :	31
2. Caractérisation physico-chimique de l'eau :	31
2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) :	31
2.2. Détermination de l'alcalinité de l'eau :	32
2.3. Conductivité :	32
2.4. Turbidité :	33
2.5. Concentration en Sodium (Na) et potassium (K) :	33
3. Résultats et interprétation des éléments analysés :	35
II. Evaluation de la qualité de l'eau de forage :	37
1. Facteurs indésirables ou toxiques :	37
2. Facteurs bactériologiques :	38
Chapitre 4 : Solutions proposées pour l'amélioration de la qualité de l'eau du forage SH1.	39
I. Analyse fonctionnelle de la station :	40
1. Méthode bête à corne :	40
2. Consommation mensuelle de l'eau destinée aux usages domestiques :	41
II. Procédé du traitement de désinfection de l'eau du forage SH 1 :	42
1. Intérêt du contrôle de la qualité microbiologique :	42
2. Processus de désinfection des eaux souterraines :	42



MARRAKECH

جامعة القادسي مراكش

UNIVERSITE CADI AYAD

كلية العلوم والتقنيات

مراكش

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
MARRAKECH



2.1. Chloration :.....	43
2.2. Désinfection par l’ozone :	44
2.3. Désinfection par les rayons ultra -violets :	45
2.4. Filtration membranaire :.....	45
3. Choix de méthode optimale de désinfection de l’eau de la mine DRAA SFAR.	46
Conclusion générale	49
Bibliographie	50

Introduction

L'eau constitue une ressource fondamentale pour toute industrie. Donc sa maîtrise et sa disponibilité en quantité suffisante et en qualité doit être une des premières préoccupations du secteur industriel.

La compagnie minière Guemassa-Draasfar, où s'est déroulé notre stage de fin d'études, a adopté une approche basée sur sa conviction que la préservation des ressources hydriques joue un rôle important dans sa réussite à long terme.

La mission principale du service "Qualité, Sécurité et Environnement" de la mine Draa Sfar est d'assurer la disponibilité de l'eau industrielle et domestique aux usagers en quantité suffisante et en qualité conforme aux normes.

Ainsi, le présent travail a deux objectifs :

- identifier les défaillances dans le réseau de distribution de l'eau au sein de la mine Draa Sfar sud.
- Evaluer la qualité des eaux du forage distribuées à la mine Draa Sfar sud.

Pour atteindre ces objectifs nous avons adopté la démarche suivante :

- Calcul du bilan de la consommation de l'eau au niveau de la mine Draa Sfar sud.
- Dimensionnement et mise en évidence des anomalies du réseau de distribution de l'eau.
- Caractérisation physico-chimique de l'eau distribuée.

Le rapport suivant comprend quatre chapitres :

- Le premier chapitre contient des généralités sur la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre est une présentation du circuit de l'eau de la mine et du bilan de la consommation annuelle.
- Le troisième chapitre est consacré à l'analyse de la qualité de l'eau du forage distribuée au niveau de la mine DRAA SFAR sud.
- Le quatrième chapitre contient les propositions d'amélioration de la qualité d'eau du forage à savoir la mise en place d'un poste de désinfection d'eau.

Chapitre 1 : Cadre général

I. Généralités sur le groupe *Managem* :

1. Présentation du groupe :

Managem est un groupe industriel à vocation minière, il opère depuis 1928 dans l'exploitation, l'extraction, et la valorisation des différents types de minerais.

La diversification de ressources minérales exploitées par le groupe a favorisé son développement significatif, à travers un portefeuille équilibré de métaux incluant les métaux de base, les métaux précieux et les métaux spéciaux.

2. Filiales :

Managem est un groupe étendu qui détient plusieurs filiales au niveau du territoire national, parmi ses filiales : la Compagnie Minière Guemassa (CMG), la Société Anonyme d'Entreprise Minière (SAMINE), la Compagnie de Tifnoute Tiranimine (CTT), AKKA Gold Mining (AGM), la Société Métallurgique d'Imiter (SMI), REMINEX, TECHSUB, CTTA, NORATRA...

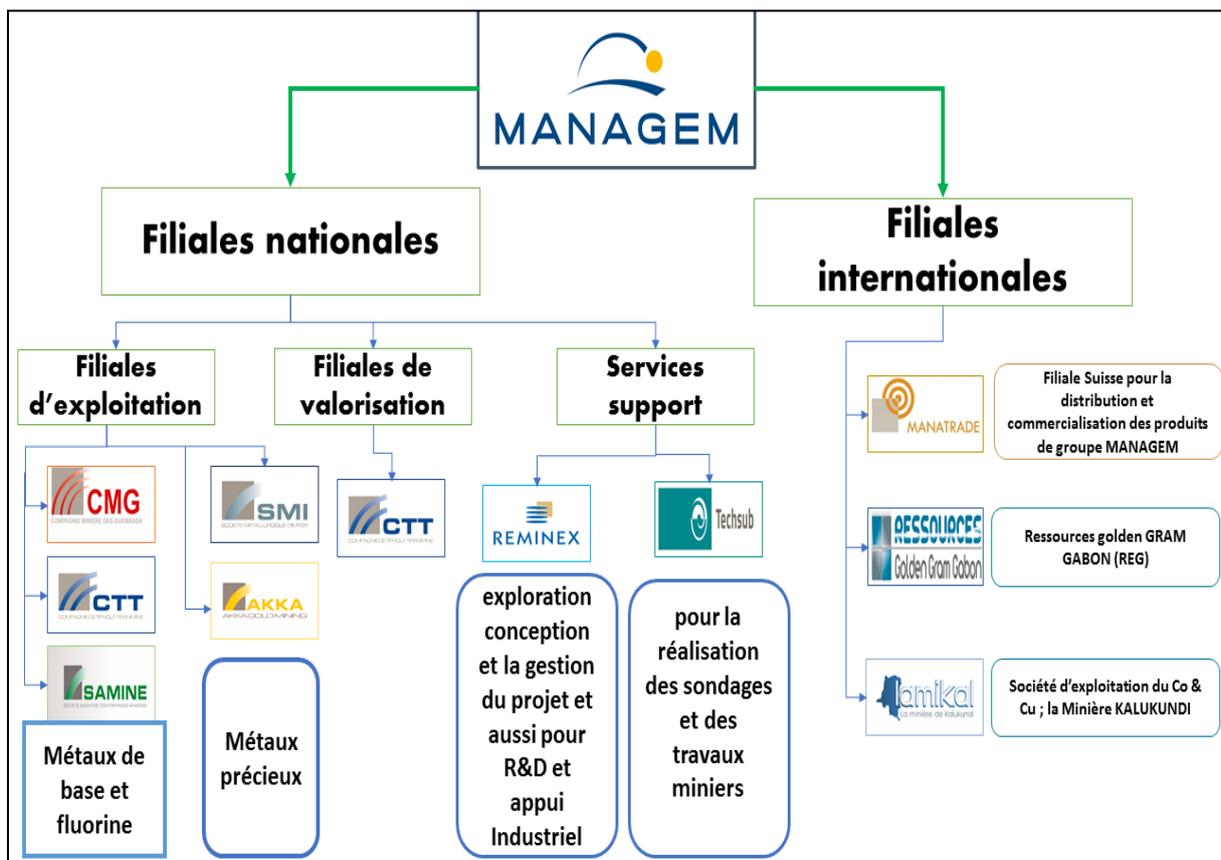


Figure 1 : Différentes filiales du groupe *Managem*

3. Missions :

Managem est un groupe entièrement intégré opérant sur trois principales activités :

- **Exploration et services support** : comportant la prospection géologie, évaluation des réserves et suivi de la production.
- **Exploitation et valorisation des minerais** : qui consiste à développer de nouveaux procédés pour la recherche minière.
- **Commercialisation des produits miniers du groupe. (Managem, 2016)**

4. Historique :

1930 : -Démarrage de la première mine du groupe BOU-AZZER.

-Création de la société CTT.

1969 : -Démarrage de la mine d'Argent D'IMITER.

-Démarrage de la mine de Fluorine ELHAMMAM.

1982 : -Démarrage de la mine de CUIVRE de BLEIDA.

1988 : -Création de Reminex filiale spécialisée dans la recherche et le développement.

1992 : -Démarrage de la mine polymétallique de HAJJAR.

2000 : -Développement et ouverture à l'international.

2004 : -Démarrage de la mine polymétallique DRAA SFAR.

2007 : -Ouverture de la mine du CUIVRE d'AKKA.

2009 : -Lancement de la production d'acide sulfurique à GUEMASSA.

2014 : -Démarrage de la production de CUIVRE de la mine d'OUMEJRANE.

II. Généralités sur le site d'étude :

1. Présentation globale de la mine :

La mine de DRAA SFAR représente la mine la plus profonde en Afrique du nord, avec un potentiel important de minerais polymétallique.

La mine fait partie de la Compagnie Minière Guemassa. Elle constitue la 1^{ème} mine productrice des métaux de base au MAROC.

Les substances exploitables sont le cuivre, le zinc et le plomb renfermés dans une lentille de sulfures, exploitées à travers deux puits : puits 2 et puits 3, le premier est presque épuisé en termes de minerais et donc la production repose entièrement sur le puits 3 qui a une profondeur de 1050m.

2. Situation géographique :

Le gisement exploité est située à 13km au Nord-Ouest de la ville de MARRAKECH, dans la partie Nord de la plaine du Haouz, en bordure Sud des Jbilet centrales.

La mine est séparée en deux parties, DRAA SFAR Nord caractérisé par la présence d'un chapeau de fer qui coiffe des amas sulfurés. Elle se situe sur la rive nord de l'oued Tensift, de l'autre coté apparait la mine DRAA SFAR sud.

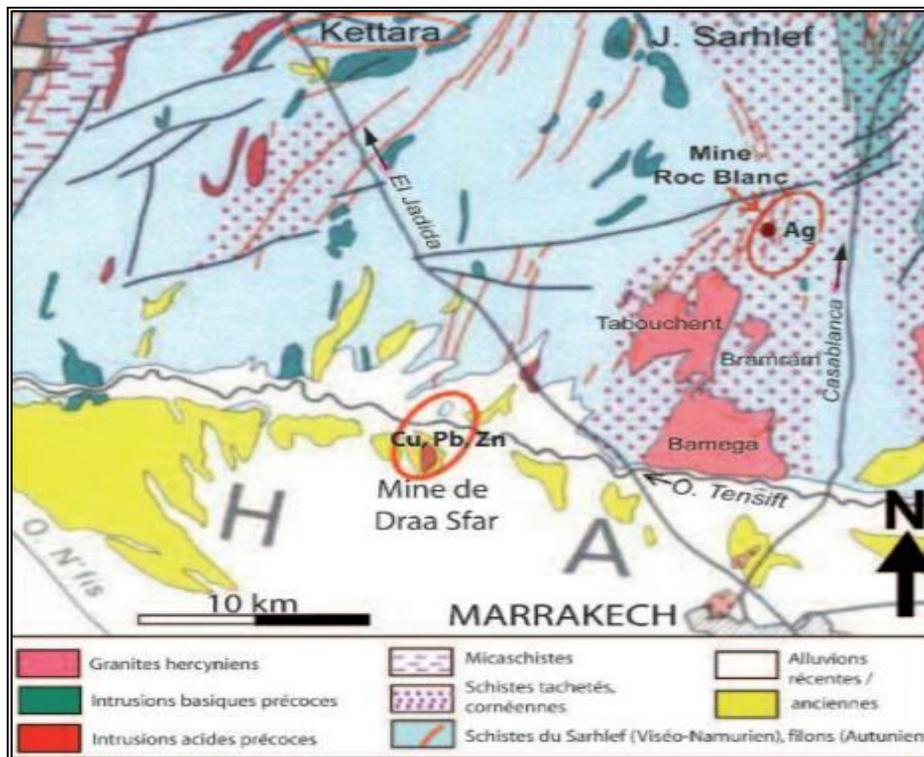


Figure 2 : Localisation du gisement de DRAA SFAR sur un extrait de la carte géologique des Jbilet centrales au 1/500 000 (Ibouh et al, 2011).

3. Techniques d'exploitation minière :

Les méthodes d'exploitation utilisées sont principalement les tranches montantes remblayées (TMR) et les sous-niveaux abattus (SNA), qui sont les mieux adaptées à la morphologie et aux caractéristiques mécaniques des gisements de CMG.

- TMR :

« La méthode par tranches montantes remblayées » est utilisée dans l'exploitation de gisements fortement pentus inclus dans un massif rocheux relativement stable. Le minerai est abattu et déblayé par tranches horizontales prises en montant, et le remblai mis en place au fur et à mesure, Cela permet d'extraire les minéralisations les plus intéressantes, laissant en place celles qui le sont moins. Ensuite, les vides sont remblayés de manière à former un plancher de travail.

Cette méthode a donné de bons résultats au niveau de la sécurité et la sélectivité et une bonne récupération du gisement, est considérée la plus adaptée à l'irrégularité de la morphologie de la structure minéralisée et à la faible tenue de l'éponte schisteuse.

- SNA :

Cette méthode consiste à subdiviser la surface minéralisée en chambre (l=8, L=20m, H=25m) primaires et secondaires. La séquence d'exploitation pyramidale consiste à exploiter en premier lieu les chambres primaires qui seront clavées en remblai cimenté avant d'exploiter les chambres secondaires.

La technique « Sous niveaux abattu » utilisée pour augmenter la production, réduire le prix de revient et minimiser le taux d'exposition des mineurs au risque de chute de bloc. (El younssi et al, 2017)

4. Cadre climatique :

La mine de DRAA SFAR fait partie de la plaine du *HAOUZ*, qui appartient à la zone climatique semi-aride continentale,

Cette zone se caractérise par de forts contrastes de température. La pluviométrie y est faible, partout inférieure à 300 mm et elle est de plus en plus irrégulière dans le temps et dans l'espace.

4.1. Température :

L'analyse de ces données montre que les températures moyennes oscillent entre 13°C, comme valeur minimale pendant les mois de Janvier et Février, et 40°C durant les mois de Juin, Juillet et Aout.

Les variations des moyennes annuelles de températures montrent une légère variation autour de 24 °C.

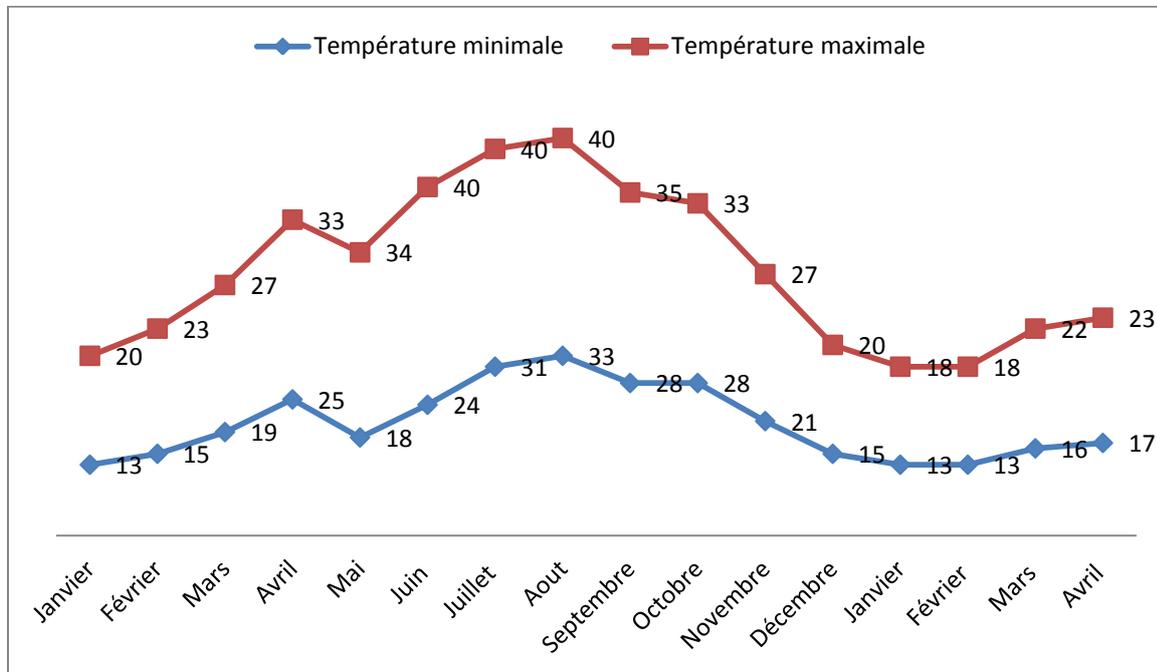


Figure 3 : Températures moyennes mensuelles de la ville de Marrakech du Janvier 2017 à Avril 2018

4.2. Précipitations :

La pluviométrie moyenne mensuelle ne dépasse pas 40mm, avec des variations entre 0 et 41 mm pour la période qui s'étale de Janvier à Décembre 2017, alors qu'au mois d'Avril de l'année 2018, les précipitations atteignent 126 mm, ainsi, une période pluvieuse succède une année plus sèche avec une indisponibilité des ressources en eau.

Cette répartition saisonnière des pluies montre que celles-ci présentent une manifeste irrégularité inter et intra annuelle.

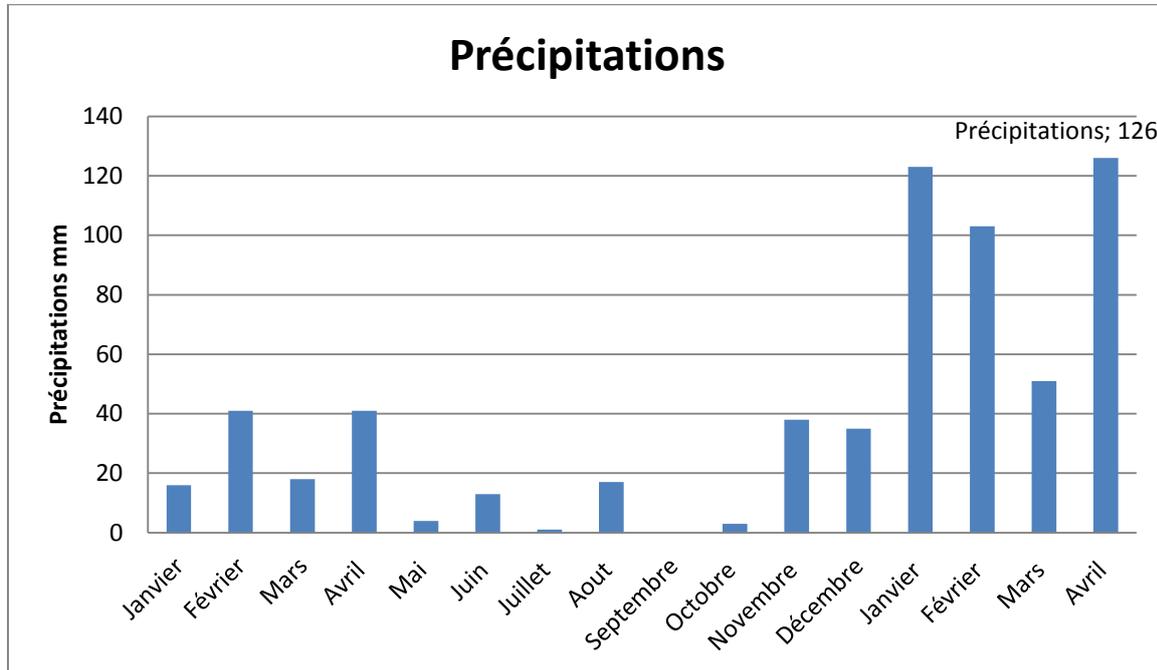


Figure 4 : Précipitations mensuelles de la ville de Marrakech durant la période Janvier 2017 à Avril 2018.

5. Cadre hydrologique :

Le bassin hydrographique de Tensift est un hydrosystème du Maroc semi aride composé de deux grandes entités morphologiques globales : un ensemble montagneux très élevé et une vaste plaine alluviale.

L'oued Tensift coule de l'Est vers l'Ouest dans la plaine du Haouz au pied des Jbilet, il reçoit comme un collecteur les oueds Nfis, Reraya, Ourika, et Zat qui descendent du versant nord de l'Atlas.

D'après l'agence du bassin hydraulique, dernièrement le bassin de Tensift a connu une séquence pluviométrique d'une grande ampleur avec des hauteurs de précipitations exceptionnelles par rapport aux normes habituelles.

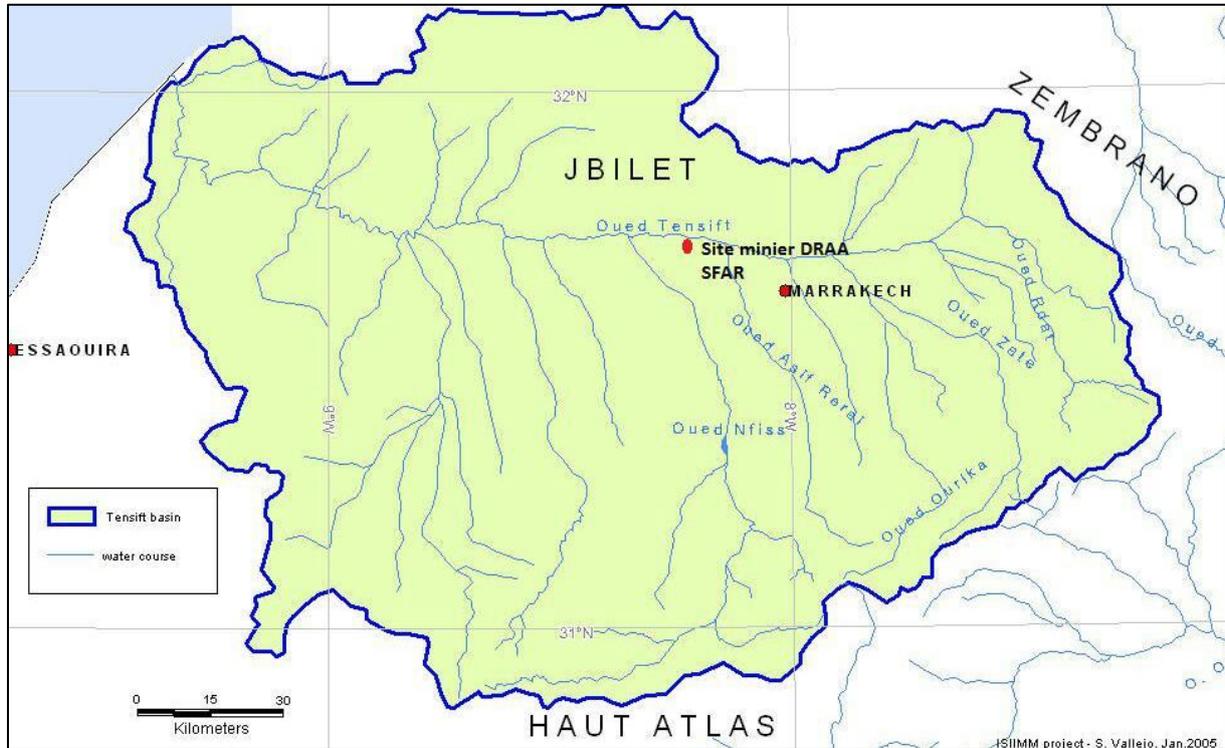


Figure 5 : Hydrographie du bassin versant Tensift (Pascon. 1986)

6. Contexte géologique du site minier :

La mine DRAA SFAR est localisée sur la bordure sud des Jbilet centrales, ce massif appartient au domaine de la chaîne hercynienne caractérisé par une intense activité magmatique acido-basique, responsable d'une activité hydrothermale intense.

Les Jbilet ou « petites montagnes » sont des plaines rocheuses et des collines à relief modéré (400 m à 1000 m d'altitude) correspondant à une section E-W des structures subméridiennes de la croûte supérieure hercynienne, elles sont constitués essentiellement de roches paléozoïques.

Trois unités structurales y ont été reconnues :

- Une unité orientale : caractérisée par l'existence de nappes à matériel ordovico-dévonien, reposant sur un flysch du Viséen supérieur.
- Une unité centrale : constituée de métasédiments, les « Schistes de Sarhlef », d'âge au moins en partie viséen supérieur, et caractérisée par une déformation synschisteuse en climat anchizone à épizone ; une activité magmatique importante, et la présence de nombreux amas sulfurés à Cu± Pb-Zn ;
- Une unité occidentale : formée d'une puissante série essentiellement cambro-ordovicienne, peu ou pas métamorphisée et affectée de plis subméridiens de grande amplitude. (Huvelin, 1977).

Chapitre 2 : Circuit et bilan de la consommation de l'eau potable au niveau de la mine DRAA SFAR.

I. Principaux ouvrages de l'eau de forage :

Les principaux ouvrages d'eau de la mine Draa Sfar sont : un forage, qui alimente la mine par l'eau souterraine, et d'un réservoir de stockage.

1. Forage d'eau :

L'eau utilisée dans la mine DRAA SFAR est issue d'un forage puisant dans la nappe de *HAOUZ-MEJJAT*. Cette dernière est logée dans un bassin sédimentaire d'origine tectonique, dans lequel se sont accumulées des formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne Atlasique au cours de son soulèvement.

La surface libre de la nappe s'établit en moyenne à 30m sous le niveau du sol, mais se situe entre 5 à 10m le long de l'Oued Tensift.

La recharge de la nappe se fait principalement par infiltration des eaux d'irrigation, des fontes des neiges de l'Atlas et des eaux de crues le long des oueds atlasique, avec un écoulement, général, de Sud vers Nord. Les productivités peuvent atteindre 50 l/s. (ABHT, 2018).

Le forage qui alimente la mine en eau, est situé dans la région d'*EL AFAK*, à une distance de 9km du site étudié, et il représente les caractéristiques suivantes :

Forage	Coordonnées géographiques (m)			Profondeur (m)	Socle schisteux (m/sol)
	X	Y	Z		
SH1	241,2	122,5	413	92	87

Tableau 1 : Principales caractéristiques du forage équipé SH1 (CMG-DRAA SFAR)

2. Réservoir d'eau :

Le réservoir de stockage présente une utilité technique et économique par les multiples fonctions qu'il remplit, il permet la régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en aval ainsi que la régulation de la pression dans le réseau de distribution.

Le réservoir d'eau potable est situé exactement en amont du site minier, sa capacité est de 450 m³. Ce bassin assure l'alimentation en eau potable provenant à la mine par écoulement gravitaire et pour satisfaire les différents usages domestiques et industrielles.

La conduite d'adduction reliant la prise d'eau au réservoir de stockage, est une conduite d'un grand diamètre (4 pouces) est destinée à transporter un débit très important.

Deux autres conduites sont liées à ce réservoir, une permet l'écoulement d'eau destinée aux ateliers et l'autre sert au remplissage du bassin d'incendie qui se trouve directement en bas du réservoir d'eau potable.

Le réservoir de stockage présente une utilité technique et économique par les multiples fonctions qu'il remplit, il permet la régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en aval ainsi que la régulation de la pression de l'eau dans le réseau de distribution.

Les eaux d'exhaure sont collectées dans un bassin qui est adjacent au réservoir d'eau potable avec une capacité de 450 m³ se fait la récupération des eaux rejetées par les puits 2 et 3 et qui vont être réutilisées pour la préparation des remblais cimentés qui servent au remplissage des vides créés par l'exploitation. L'excès de ces eaux est drainé vers l'extérieur de la mine et se jette dans l'Oued Tensift.

II. Dimensionnement du réseau de distribution de l'eau

Le réseau de distribution doit permettre de satisfaire les besoins en eau actuels et futurs de la mine.

1. Circuit de l'eau potable :

La figure ci-dessous montre le circuit général d'eau potable au sein de la mine Draa Sfar.



- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Limite géographique du site minier Draa Sfar |  | Conduite de petit diamètre |
|  | Conduite de grand diamètre |  | Conduite destinée à l'irrigation de l'espace vert |

Figure 6 : Circuit de l'eau potable de la mine DRAA SFAR Sud.(Google Earth)

Du réservoir du stockage d'eau potable sortent deux conduites de gros diamètres. Elles forment un ensemble de conduites maitresses. Sur chacune des conduites sont branchées des dérivations de diamètres moindres dites conduites secondaires ou tertiaires etc.

L'ensemble de toutes ces différentes canalisations avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau global, car il s'étend sur toute la surface d'agglomération.

L'une des conduites liées au réservoir permet l'écoulement d'eau destinée aux locaux et l'autre sert au remplissage du bassin d'incendie qui se trouve directement en bas du réservoir d'eau potable.

2. Eléments constitutifs du réseau de distribution d'eau potable :

Le réseau de distribution de la mine Draa Sfar est composé de quatre composantes importantes, qui sont :

2.1. Canalisations :

Les dimensions et les matériaux des conduites dépendent de leur utilisation, de la qualité de l'eau qu'elles transportent et des conditions du terrain.

Les conduites utilisées dans le réseau doivent permettre de distribuer l'eau au débit et à la vitesse d'écoulements prévus. Leurs diamètres dépendent donc du débit de service et de la vitesse d'écoulement.

Les conduites maîtresses sont en béton armé ou en acier pour assurer la sécurité du réseau, par contre, pour les conduites secondaires les matériaux les plus adaptés sont les tuyaux en acier et en polyéthylène.

La conduite de distribution principale est une conduite en acier dotée d'une vanne qui permet de maîtriser les écoulements dans le réseau.

Les conduites de distribution secondaires sont dimensionnées en fonction de la demande en eau des zones qu'elles traversent.

2.2. Compteurs :

Le compteur d'eau est un appareil qui sert à mesurer les débits d'eau à l'entrée ou à la sortie d'un branchement, il permet la surveillance et le calcul de la consommation, ainsi que l'identification d'une fuite due à une casse dans le réseau de distribution.

Le circuit de la mine Draa Sfar comporte huit compteurs au niveau de chaque local, mais il existe des branchements qui sont dépourvus de compteurs tels que : l'administration, l'infirmerie, l'atelier engins, les douches et le circuit d'incendie, ce qui donne une partie considérable d'eau, non comptabilisée au niveau des calculs de la consommation.

Pour faire face à ce problème, la surveillance et l'installation des compteurs demeurent une nécessité.

2.3. Vannes :

L'installation des vannes dans un réseau de distribution est indispensable, car elles assurent des fonctions décisives, elles régulent la pression et le volume de débit, protègent les canalisations, les pompes et les autres composants contre les détériorations.

2.4. Poteaux d'incendie :

Les poteaux d'incendie sont des appareils raccordés à un réseau d'eau sous pression.

Ces poteaux sont nombreux et rapprochés au niveau de la mine pour assurer la desserte de tous les endroits en cas d'incendie.

3. Anomalies du réseau de distribution d'eau du forage :

On désigne par anomalie, toute détérioration pouvant provoquer ou accentuer le risque de dysfonctionnement du réseau.

3.1. Pertes d'eau dans le réseau :

Dans un réseau d'alimentation en eau potable, les pertes d'eau sont situées à différents niveaux tels que : la prise d'eau, la station de pompage, le réservoir, le réseau d'adduction et de distribution, les vannes, les compteurs...

Dans le réseau de distribution de l'eau potable de la mine Draa Sfar, on distingue principalement, deux types de pertes :

- **Pertes techniques :**

Elles sont dues aux :

- Débordement des réservoirs et au mauvais fonctionnement du flotteur ou de la vanne de vidange,
- Fuites sur conduites et branchements particuliers engendrées par les casses et leurs différentes causes,
- Fuites, au niveau des robinets et des vannes, dues à un mauvais serrage des joints.

- **Les pertes administratives :** ce sont les eaux consommées mais non comptabilisées.
On citera :

- la défectuosité ou l'insensibilité des compteurs
- l'absence de compteurs au niveau des différents locaux.

3.2. Dégradation de la qualité de l'eau :

De la source jusqu'à son arrivée aux usagers, l'eau peut subir de très nombreuses modifications de sa qualité intrinsèque.

Une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans le réseau est indispensable pour les services d'exploitation afin d'anticiper et d'éviter des problèmes potentiels tels que les risques sanitaires. Les facteurs susceptibles de provoquer la dégradation de la qualité de l'eau sont :

- Facteurs bactériologiques
- Facteurs physico-chimiques (pH, Température, Turbidité, Conductivité...)

III. Bilan de consommation en eau potable :

La consommation en eau potable au niveau de la mine Draa Sfar est influencée par des conditions économiques des usagers.

1. Historique de la consommation d'eau potable :

La figure ci-dessous présente l'évolution de la consommation mensuelle d'eau potable au sein de la mine Draa Sfar :

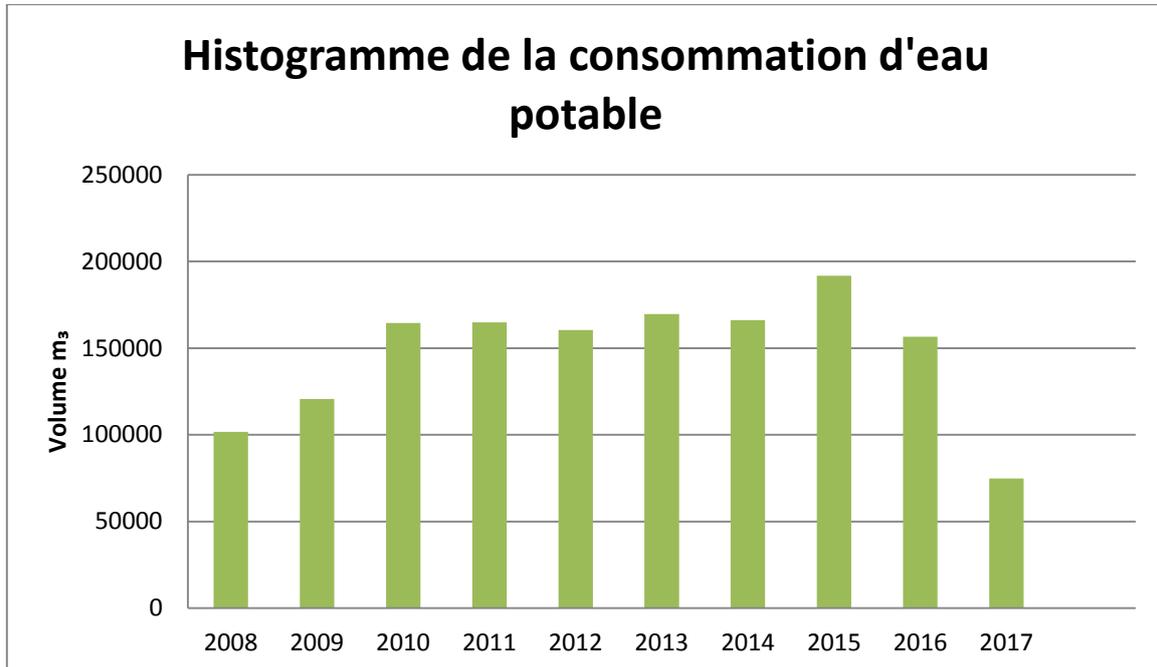


Figure 7 : Histogramme de la consommation en eau potable au niveau de la mine de Draa Sfar Sud.

La consommation moyenne en eau au niveau de la mine Draa Sfar est de l'ordre de 145706 m³ sur la période 2008 à 2017. Elle varie d'une année à l'autre, la consommation minimale (74881 m³) est enregistrée en 2017, alors que la maximale (191811 m³) est notée en 2015. En général, la consommation demeure élevée et presque constante sur la période 2010-2016.

La baisse de la consommation enregistrée en 2017, est due notamment à la privation de l'atelier de lavage des engins en eau potable provenant du réservoir de la mine. En effet, le lavage est maintenant assuré par des eaux provenant de Draa Sfar nord. Ces eaux sont également utilisées pour l'irrigation, afin de minimiser la quantité d'eau consommée.

En ce qui concerne l'utilisation de l'eau potable pour les usages industriels et domestiques de la mine Draa Sfar, les données de consommation de l'eau durant la période 2012-2017 sont représentées sur la figure ci-dessous :

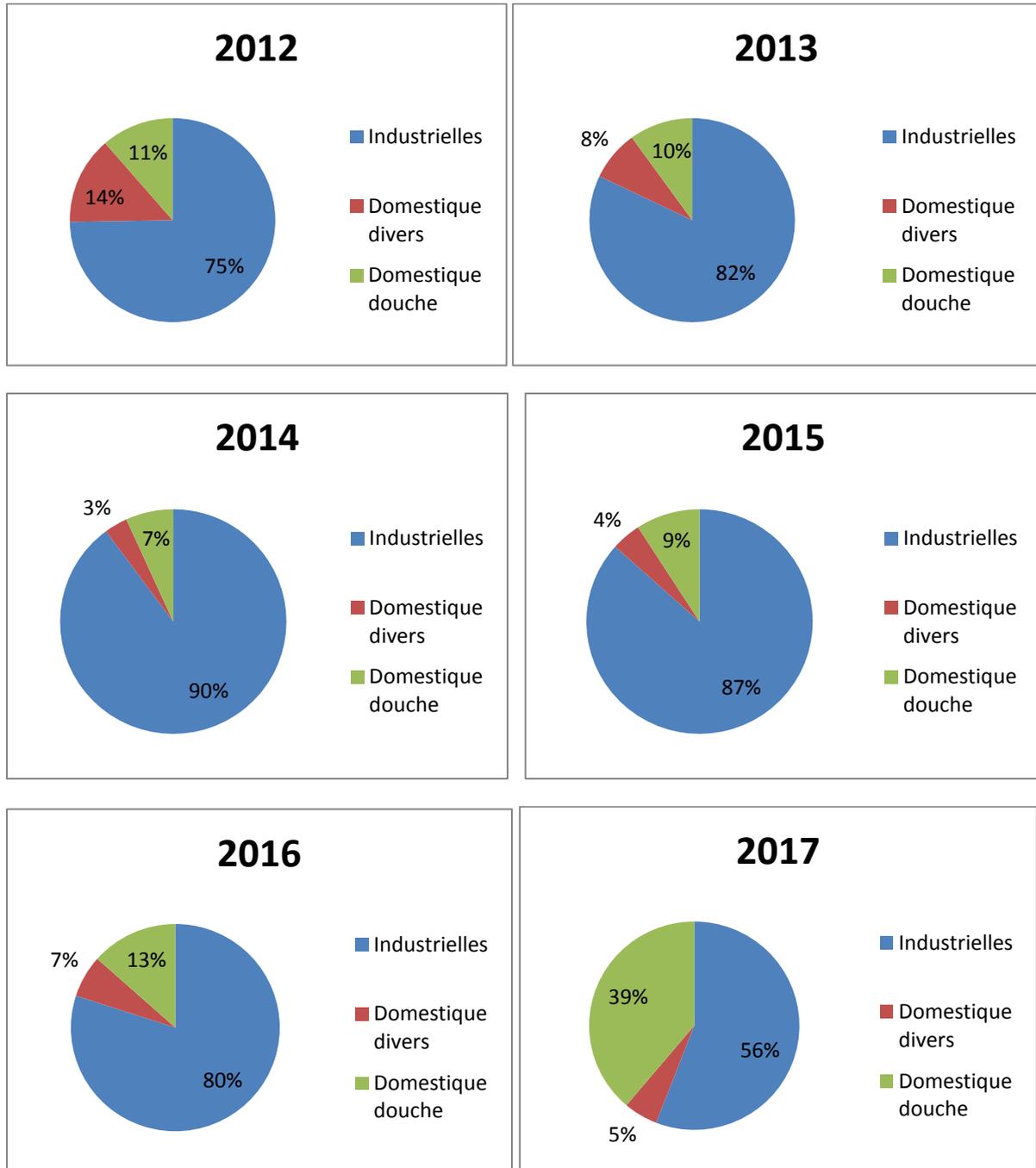


Figure 8 : Répartition de la consommation de l'eau du forage durant la période 2012-2017

Les données des compteurs de la compagnie Draa Sfar ont permis de tracer les diagrammes de répartition de la consommation d'eau potable des différents secteurs durant la période 2012-2017 (Fig. 8).

L'analyse de ces diagrammes montre que la catégorie des eaux industrielles constitue le grand consommateur d'eau potable, avec une consommation moyenne de l'ordre de 78%. Ces pourcentages peuvent aller jusqu'à 90% enregistré en 2014. Alors que le minimum (56%) est enregistré en 2017. Cela est dû à l'alimentation en eau provenant du DRAA SFAR Nord de l'atelier des engins qui utilise une quantité considérable de l'eau incluse dans les eaux industrielles pour le lavage.

En 2017, 39% d'eau potable est livré pour les usages domestiques spécifiquement les douches, le niveau de consommation fluctue en fonction de nombre des individus qui utilisent les douches et en fonction des saisons.

Chapitre 3 : Analyse de la qualité des eaux du forage de la mine DRAA SFAR.

Introduction :

L'étude de la qualité des eaux se fait à l'aide de grilles simplifiées de qualité. Ces grilles permettent la sélection de quelques paramètres à étudier, selon la nature de l'eau et dans l'objectif de déterminer aisément sa qualité globale.

C'est dans ce but qu'il est nécessaire d'effectuer des analyses, afin de comparer les résultats obtenus avec la norme qui fixe les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine.

I. Echantillonnage :

Pour obtenir des résultats d'analyses représentatifs de la qualité de l'eau, il est important de procéder à des analyses des différents paramètres qui déterminent la composition de l'eau.

1. Prélèvement et conservation d'un échantillon :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération qu'on doit faire avec un très grand soin. Il, est important de la faire minutieusement, et de veiller à ce que tous les équipements utilisés, bouteilles par exemple, sont propres. En effet les résultats et l'interprétation des analyses dépendent des conditions de prélèvement.

Dès que l'échantillon est prélevé, la bouteille doit être fermée hermétiquement, pour la protéger de toute contamination extérieure, car la composition de l'eau est susceptible de se modifier rapidement par des réactions chimiques et biologiques, entre l'instant de prélèvement et l'analyse.

2. Caractérisation physico-chimique de l'eau :

Les paramètres physico-chimiques de l'eau sont des indicateurs importants de la qualité, chaque type d'eau est caractérisé par des teneurs de ces paramètres bien distincts.

2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est une grandeur chimique, qui permet d'évaluer la concentration de l'ion hydrogène dans une solution.

Ce paramètre dépend de la nature des terrains traversés qui peuvent influencer l'acidité ou la basicité de l'eau.

Le calcul de pH est important, car il intervient dans les différents processus physico-chimique et biologique.

2.2. Détermination de l'alcalinité de l'eau :

L'alcalinité de l'eau est sa capacité à consommer des ions H⁺ libérés par un acide. Autrement dit sa capacité à neutraliser un acide. Elle est généralement mesurée à l'aide d'une solution d'acide en présence d'un indicateur coloré.

On distingue deux types d'eau alcaline :

- **TA** : Titre Alcalimétrique mesuré par la quantité d'acide nécessaire pour faire virer la phénolphtaléine à un pH=8.3, il représente la somme des ions hydroxydes (OH⁻) et des carbonates (CO₃²⁻).
- **TAC** : Alcalimétrique Complet mesuré par acidification jusqu'au virage du méthylorange (pH=4.3). Il présente la somme des hydroxydes, des carbonates et des hydrogencarbonates (HCO₃⁻).

A. Principe :

L'alcalinité d'un échantillon est déterminée par un titrage, avec une solution d'acide sulfurique H₂SO₄.

Cet acide est ajouté à l'échantillon en quantité mesurée, jusqu'à ce que les trois principales formes d'alcalinité (OH⁻, HCO₃²⁻, CO₃²⁻) soient converties en acide carbonique.

Le dosage en présence de la phénolphtaléine d'une eau, en donnant la couleur rose, permet d'accéder au TA qui correspond à un pH très alcalin (supérieur à 8,3), par contre si l'eau à garder sa couleur normale, l'ajout du colorant méthylorange est nécessaire pour mesurer le TAC, qui se caractérise par un pH compris entre 4,5 et 8,3.

2.3. Conductivité :

La conductivité permet d'avoir une idée sur la qualité de sels dissous dans l'eau et aussi donne un aperçu sur la minéralisation d'une eau. Pour calculer la minéralisation on utilise la relation suivante :

$$\text{Minéralisation} = K (\mu\text{S/cm}) \times A$$

Avec : En moyenne A=0.7

2.4. Turbidité :

La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau, et désigne la présence des matières en suspension et des planctons. Sa valeur ne doit pas dépasser 0.5 NTU dans l'eau potable, afin d'éviter des problèmes sanitaires et d'avoir une bonne désinfection.

2.5. Concentration en Sodium (Na) et potassium (K) :

Dosés par la méthode de spectrophotométrie à flamme, basée sur la dissociation des atomes pendant leur passage dans la flamme, qui émettent de l'énergie à leur excitation.

Chaque élément va émettre à une longueur d'onde bien précise qui sera détectée par des filtres optiques spécifique à chaque élément.

A. Appareillage :

- **Principe du spectrophotomètre à flamme :**

Le spectrophotomètre à flamme utilise un mélange gazeux pour entretenir une flamme, qui est la source d'excitation de l'appareil.

La méthode consiste à chauffer les ions métalliques d'un échantillon, dans le but de capter les émissions lumineuses provenant de leur excitation, à l'aide d'un détecteur, et comme dans plusieurs méthodes analytiques, il doit y avoir un système d'étalonnage pour quantifier la présence d'un métal dans un échantillon.

B. Etalonnage par l'eau distillée :

Le dosage par étalonnage repose sur l'utilisation de solutions, qui contiennent des concentrations connues du sodium et du potassium.

Le calcul des émissions qui correspondent à ces concentrations, nous a permis de tracer les courbes ci-dessous et déterminer la teneur du sodium ou du potassium, en connaissant la longueur d'onde d'absorption de chacun d'eux.

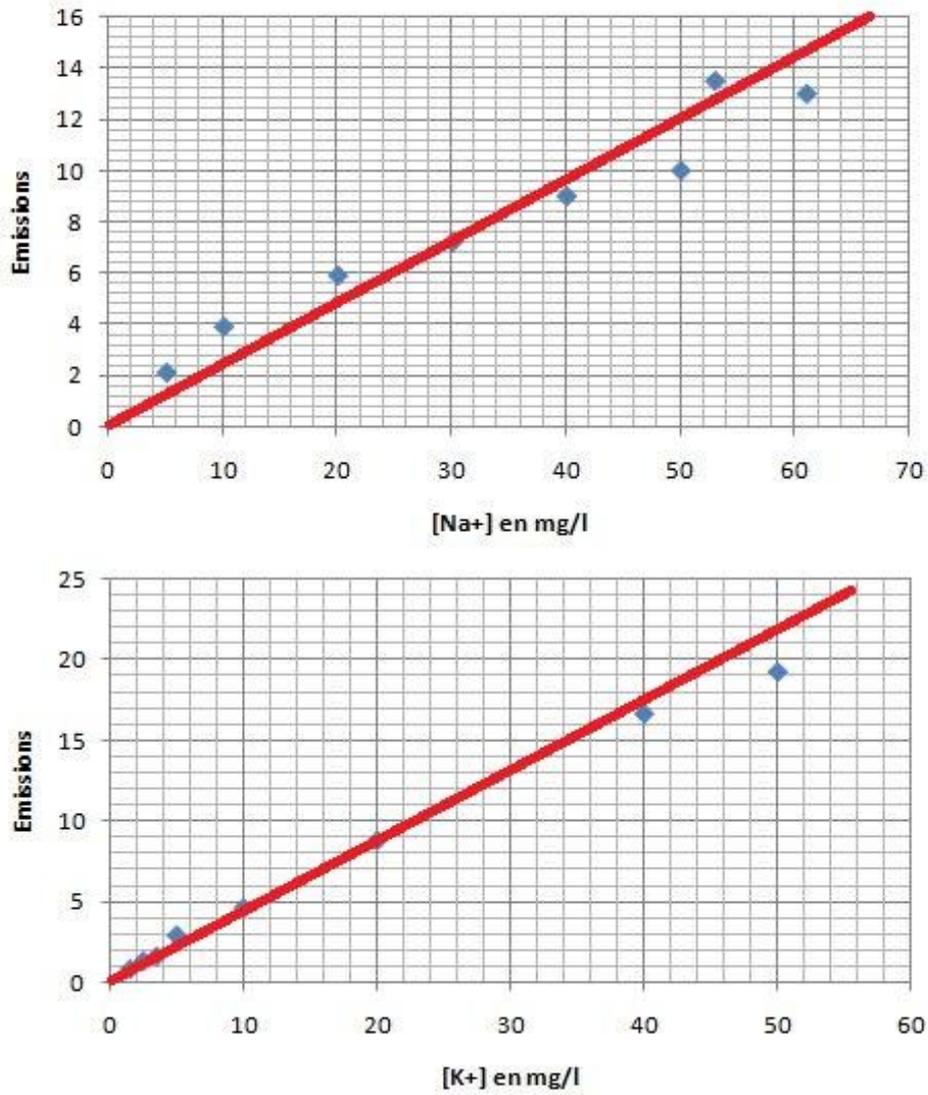


Figure 9 : Courbes d'étalonnage des concentrations de potassium et du sodium.

2.5.1. La dureté totale :

La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH fait référence à la concentration en hydrogénocarbonates de magnésium et de calcium dissous dans l'eau, il s'exprime en degré français.

Un degré français correspond à $10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, soit 4 mg de calcium ou 2.4 mg de magnésium par litre d'eau.

2.5.2. Chlorure :

L'ion chlorure est un anion produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau, leur concentration dépend de la composition chimique du socle rocheux et du climat.

Dans les eaux de surface, l'ion chlorure est présent en faible concentration.

Dans les eaux souterraines la teneur en ion chlorure peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaine formation géologiques.

3. Résultats et interprétation des éléments analysés :

Deux échantillons d'eau ont été retenus pour les analyses physico-chimiques. Le premier échantillon est une eau potable de Marrakech, le deuxième est une eau de la mine Draa Sfar.

Le tableau suivant résume les analyses physico-chimiques obtenues pour les deux échantillons :

- **Eau potable de Marrakech** : prélevée du robinet de laboratoire au sein de la faculté des sciences et techniques, le 19 Mai 2018.
- **Eau de la mine DRAA SFAR** : provenant du forage SH1 qui alimente la mine, cette eau est prélevée le 18 Mai 2018, du réservoir qui se trouve au sein du site minier.

Paramètre	Unité	Eau potable Marrakech	Eau DRAA SFAR
pH	--	7.83	7.78
Conductivité	μ/cm	855	863
Minéralisation	mg/l	598.5	604.1
Turbidité	NTU	0.15	0.3
TH	mg/l	280	310
TA	mg/l	0	0
TAC	mg/l	170	200
Chlorure	mg/l	124	163
Potassium	mg/l	3	1
Sodium	mg/l	53	61
NO ₃	mg/l	--	11
SO ₄	mg/l	--	23
OX-dissous	mg/l	--	6

Tableau 2: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la mine DRAA SFAR comparée à l'eau potable de MARRAKECH.

D'après les données du tableau, on constate que les eaux douces du forage SH1 sont plus minéralisées que l'eau potable de Marrakech, cela peut être lié à la profondeur, la température, le temps de séjour.

Le potentiel d'hydrogène dans la mine DRAA SFAR est relativement neutre, il ne dépasse pas les normes marocaines ($6.5 < \text{pH} < 9.2$).

TAC est un paramètre qui montre la concentration des carbonates dans l'eau. L'eau de la mine DRAA SFAR présente une forte teneur de l'ion bicarbonate qui atteint 200 mg/l, Ceci est lié à la nature des roches présentes dans la région où se trouve le forage qui alimente la

mine, et qui sont essentiellement constituées de roches sédimentaires à composante carbonatée importante.

Les chlorures sont généralement les éléments majeurs existant dans l'eau, selon le tableau, on remarque des teneurs moyennes d'ordre de 163 mg/l pour les eaux du Draa Sfar et 124 mg/l pour l'eau potable de Marrakech.

La dureté totale est due uniquement aux ions calcium et magnésium, Certaines eaux possèdent une forte teneur en ions de calcium et de magnésium, ce qui est au contraire recherché car ces ions confèrent à l'eau des propriétés diététiques. D'après le tableau ci-dessous, l'eau de DRAA SFAR a une dureté plus élevée par rapport à l'eau potable de la ville de Marrakech qui est moyennement dure.

TH(°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	Très douce	douce	moyennement dure	Dure	Très dure

Tableau 3 : Plage des valeurs du titre hydrotimétrique

II. Evaluation de la qualité de l'eau de forage :

D'autres facteurs peuvent influencer la qualité de l'eau, tels que les facteurs indésirables et bactériologiques qui sont fournies par la compagnie DRAA SFAR.

1. Facteurs indésirables ou toxiques :

Les substances indésirables sont de substances dont la présence est tolérée, tant qu'elles restent inférieures à un certain seuil. On trouve parmi elles aussi bien des substances dont l'effet se limite à un désagrément pour le consommateur que d'autres qui peuvent avoir une incidence sur la santé.

Arsenic (As)	Baryum (Ba)	Cadmium (Cd)	Chrome total	Cuivre (Cu)	Fer (Fe)	Fluorure (F)	Cyanures (Cn)	Manganèse (Mn)
<0.001	<0.002	<0.001	<0.005	<0.002	<0.005	0.1311	<0.01	0.02
0.05*	1*	0.005*	0.05*	1*	0.3*	1.5*	0.1*	0.1*
Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Zinc (Zn)	Mercure (Hg)					
0.04	<0.002	<0.005	<0.3					
0.05*	0.01*	5*	0.001*					

*VMA : les valeurs maximales admissibles selon la norme.

Tableau 4 : Substances toxiques-indésirables. (Service QSE de la mine Draa Sfar).

2. Facteurs bactériologiques :

Le critère de potabilité de l'eau est assuré par l'absence des germes parasites ou pathogènes, ces microorganismes sont présentés essentiellement par des coliformes qui sont surtout liés à la pollution humaine, en plus des germes qui apparaissent en cas de contamination dans le réseau de distribution.

Du point de vue bactériologique, les eaux souterraines sont naturellement potables, et sont bien exclues de toute contamination extérieure. Le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau porte sur des analyses concentrées sur les germes témoins de contamination fécale.

Paramètres	Germes totaux BHR/37°C	Germes totaux BHR /22°C	coliformes totaux CT/37°C	coliformes fécaux CT/44°C
Valeurs	50	63	0	0
Norme	0	0	0	0

Tableau 5 : Paramètres microbiologiques. (Service QSE de la mine Draa Sfar).

Après le suivi des analyses microbiologiques nous pouvons constater que l'eau étudiée ne contient pas des coliformes, mais elle n'est pas conforme aux limites des exigences de la qualité, en raison de la teneur en germes totaux qui proviennent des canalisations ou des réservoirs de stockage.

Chapitre 4 : Solutions proposées pour l'amélioration de la qualité de l'eau du forage SH1.

Introduction :

Pour pouvoir assurer les besoins de la mine DRAA SFAR en eau potable, il faut mettre en place une station de désinfection pour servir les personnels en eau pure qui sert à l'alimentation humaine, et éviter les problèmes sanitaires qui peuvent les affronter.

I. Analyse fonctionnelle de la station :

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un système, pour satisfaire les besoins de son utilisateur. Le but de l'analyse fonctionnelle est d'optimiser la conception ou la reconception d'un système en s'appuyant sur **les fonctions** que doit réaliser ce dernier.

1. Méthode bête à corne :

La bête à corne est un outil graphique (*Figure10*) d'analyse fonctionnelle du besoin, en matière d'innovation. Il est nécessaire de formuler le besoin primaire sous forme des fonctions simples en répondant aux questions suivantes :

- A qui le produit rend-il service ?
- sur quoi le produit agit-il ?
- Dans quel but le produit existe- il ? (actinnovation)

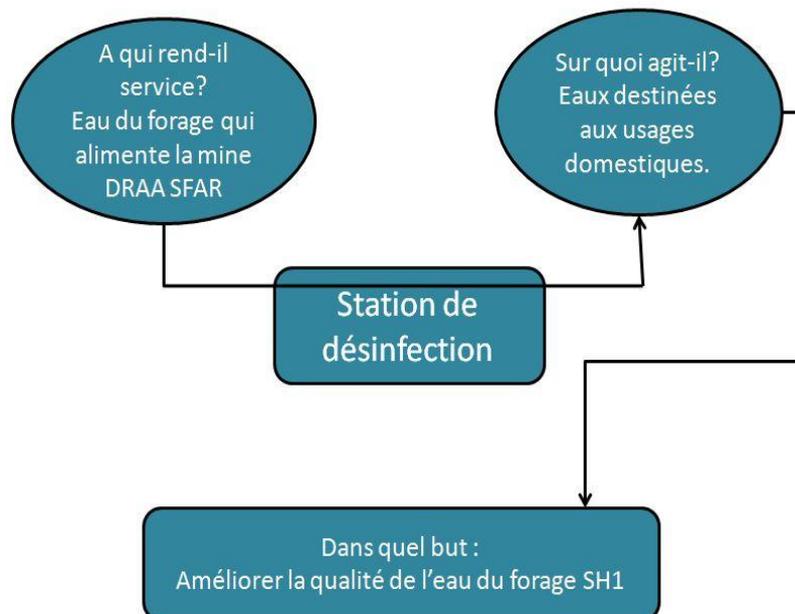


Figure 10 : Diagramme bête à corne. (Actinnovation)

2. Consommation mensuelle de l'eau destinée aux usages domestiques :

Les besoins de la mine en eau destinée aux usages domestiques sont estimés de 50 %, d'après le bilan de consommation réalisé précédemment.

La mine DRAA SFAR accueille un nombre élevé de personnels. Les données statistiques de consommation d'eau du forage durant les douze mois de l'année 2017, recueillies auprès de l'organisme d'accueil sont présentées dans le tableau suivant :

Mois	Consommation en m^3
Janvier	2240
Février	1987
Mars	2081
Avril	1542
Mai	2158
Juin	3891
Juillet	4174
Aout	4078
Septembre	2287
Octobre	2776
Novembre	2453
Décembre	2797

Tableau 6 : Consommation mensuelle d'eau de forage en m^3 au niveau de la mine DRAA SFAR par unité consommatrice en 2017

A partir des données indiquées sur le tableau, on peut estimer :

- **La consommation mensuelle moyenne**
- **La consommation journalière moyenne**

La consommation annuelle calculée est obtenue par l'addition du total des consommations mensuelles de l'année 2017, elle est de l'ordre de: $32464 m^3 / an$

La consommation moyenne mensuelle est calculée par la division de la consommation annuelle sur le nombre des mois de l'année :

$$Q_m \text{ moy} = \frac{\text{consommation annuelle}}{\text{nombre de mois}} = \frac{32464}{12} = 2705 m^3$$

Consommation journalière moyenne est l'estimation de la quantité quotidienne moyennement consommée :

$$Q_j \text{ moy} = \frac{\text{consommation annuelle}}{\text{nombre du jour de l'année}} = \frac{32464}{365} = 88.94 \text{ m}^3$$

- **Capacité de traitement :**

Le bassin de stockage de l'eau est rempli chaque jour de 450 m³. L'estimation de la quantité consommée quotidiennement, fournie aux usages domestiques, est de l'ordre 89 m³.

La désinfection concerne les eaux domestiques, donc la quantité qu'il faut désinfecter est de l'ordre de 100 m³/jour, en tenant compte des fluctuations de la consommation journalière.

II. Procédé du traitement de désinfection de l'eau du forage SH 1 :

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, qui sont des critères qui peuvent varier dans le temps.

L'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable. Elle peut contenir des microorganismes nocifs à la santé humaine et au bien-être de l'homme, d'où la nécessité d'une étape de désinfection puissante pour avoir des résultats fiables.

1. Intérêt du contrôle de la qualité microbiologique :

Les risques liés à la consommation d'une eau de forage au niveau microbiologique, se multiplient et doivent être pris en compte, surtout si cette consommation est régulière et continue.

Les microorganismes peuvent se développer et même s'agglomérer dans le réseau de distribution, et bien sûr dans l'organisme ce qui provoque des maladies.

La formation de ces microorganismes peut être engendrée par la température, le temps de séjour de l'eau, l'état d'entretien et la conception du réseau.

La présence des bactéries dans le réseau de distribution de l'eau peut conduire à une dégradation de sa qualité, par la modification du goût ou de l'odeur de celle-ci.

2. Processus de désinfection des eaux souterraines :

La désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine est l'étape finale indispensable dans toute filière de traitement de potabilisation de l'eau avant sa distribution et correspond à la destruction ou l'inactivation des microorganismes pathogènes pour l'homme.

Les principaux types de désinfection utilisés actuellement pour parvenir à ce résultat sont :

- **La désinfection physico-chimique** qui consiste à ajouter des réactifs chimiques tels que :

- Les composés chlorés.

- L'ozone.

- **la désinfection physique notamment :**

- La stérilisation par les rayonnements ultraviolets (lampes).

- La désinfection par le biais de traitement membranaire tel que l'osmose inverse.

2.1. Chloration :

Le chlore est un agent oxydant fort, qui réagit facilement avec plusieurs substances organiques et inorganiques, trouvées dans les eaux usées. Il est particulièrement efficace pour détruire les bactéries, mais moins efficace contre les virus. Aux fins de désinfection, le chlore est utilisé sous les formes suivantes : chlore gazeux, hypochlorite de sodium (eau de javel) et bioxyde de chlore. Il est ajouté à l'eau, afin d'effectuer une désinfection résiduelle, par un système de dosage automatique.

- **Mise en œuvre :**

Le chlore (Cl_2) gazeux est simple d'utilisation notamment sur un forage de faible débit. Une bouteille de chlore gazeux et un organe de dosage sont nécessaires mais il n'y a pas besoin d'alimentation électrique dans la mesure où le débit d'eau à traiter est constant. Le chlore gazeux est livré et stocké sous forme liquéfiée dans des bouteilles en acier. Il est recommandé d'installer ces bouteilles en 2 unités parallèles afin de basculer l'alimentation de l'une à l'autre sans interruption du dosage.

Par connexion sur la bouteille, après détente dans un chloromètre, le chlore gazeux est mélangé grâce à un hydroéjecteur à une eau de service, ce qui permet la production d'une solution aqueuse concentrée de chlore.

Il est recommandé de maintenir une concentration minimale en chlore libre de 0,3 milligramme par litre (mg/l) en sortie des réservoirs, et de viser une concentration de 0,1 mg/l en tout point du réseau de distribution.

2.2. Désinfection par l'ozone :

L'ozone est un gaz qui désinfecte l'eau par oxydation des composants indésirables qu'elle véhicule. Son procédé est généralement jugé plus efficace que les autres désinfectants, car tous les micro-organismes contenus dans l'eau (bactéries, germes, algues) sont systématiquement détruits au contact de l'ozone. Il est également efficace pour éliminer la coloration d'une eau souterraine.

L'ozone peut être obtenu industriellement par décharge électrique dans l'air très sec ou de l'oxygène entre deux électrodes. C'est un oxydant très puissant. Il se présente comme un gaz instable, qui doit donc être produit sur place dans des ozoneurs industriels. (FNDAE, 2002)

Généralement, il est recommandé d'utiliser l'ozone pour la désinfection finale avant un filtre à sable ou à charbon actif. (traitement-eau.ookera.fr)

Le temps de contact entre l'eau et l'ozone doit être de **3 minutes au moins**.

Pour traiter l'eau efficacement, il faut un minimum de 0,8 g d'ozone/m³ dans une eau à 28 °C.

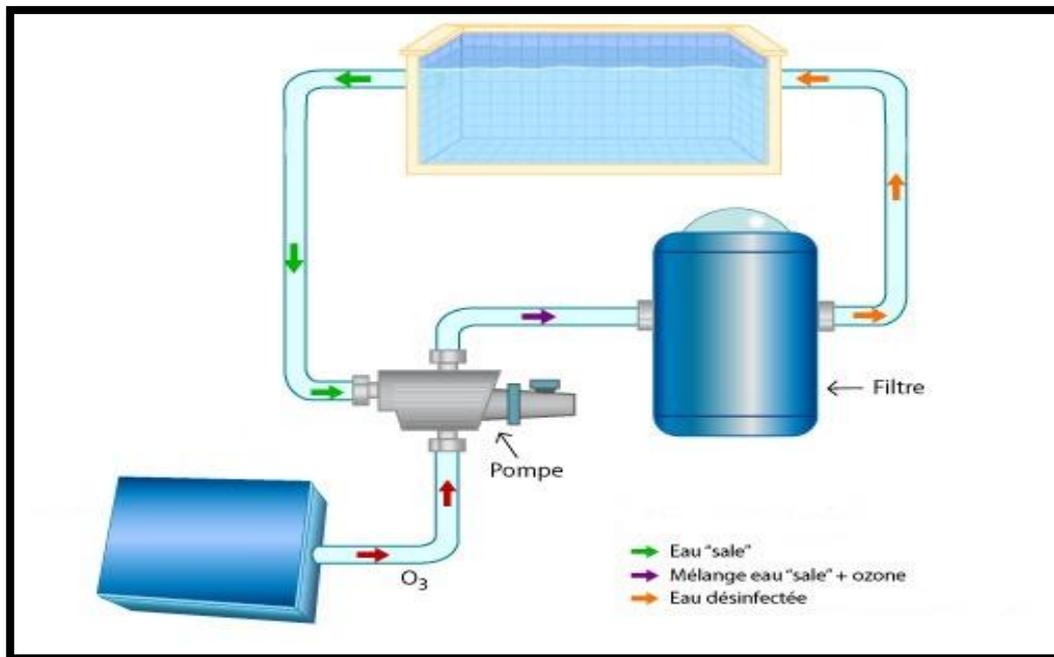


Figure 11 : Fonctionnement de l'ozonateur. (Piscineinfoservice)

2.3. Désinfection par les rayons ultra -violets :

Le traitement aux rayons UV désigne le procédé de désinfection où l'eau traverse une source lumineuse particulière. Protégée par un manchon transparent avant d'être immergée dans l'eau, l'ampoule émet des ondes ultraviolettes qui inactivent les micro-organismes pathogènes

Parallèlement à ses propriétés désinfectantes, le rayonnement UV ne modifie pas, d'une manière sensible, la nature chimique des micropolluants organiques présents dans l'eau, dans les conditions normales, de mise en œuvre de ce procédé de désinfection.

Un appareil de traitement UV se compose d'une ou plusieurs lampes UV, placées dans des gaines de quartz, pour être isolées thermiquement de l'eau. Ces lampes peuvent être assemblées dans un tube cylindrique (appareil de type fermé), ou dans un canal (appareil de type ouvert). Dans les deux cas l'eau circule, au voisinage des lampes, en couches minces car les rayons UV sont rapidement absorbés par l'eau. L'ensemble est commandé par une armoire électrique assurant l'allumage des lampes, leur fonctionnement, le comptage des heures de fonctionnement, et d'une alarme indiquant un éventuel dysfonctionnement.

L'énergie consommée par la désinfection varie en fonction de l'adsorption du rayonnement par l'eau à traiter (turbidité, présence de métaux, matières organiques...). Cette énergie se situe généralement entre 15 et 40 Wh par mètre cube d'eau traitée.

L'efficacité obtenue varie entre 90 et 99,99 % suivant la durée d'exposition de l'eau à traiter au rayonnement.

2.4. Filtration membranaire :

La filtration membranaire est une méthode physique basée sur l'application d'une différence de pression qui permet le transfert du solvant (l'eau) à travers une membrane semi-perméable dont la taille des pores assure la rétention de solutés (matières indésirables). Ces opérations, classées selon une taille des pores décroissantes, sont : la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nanofiltration (NF) et l'osmose inverse(OI).

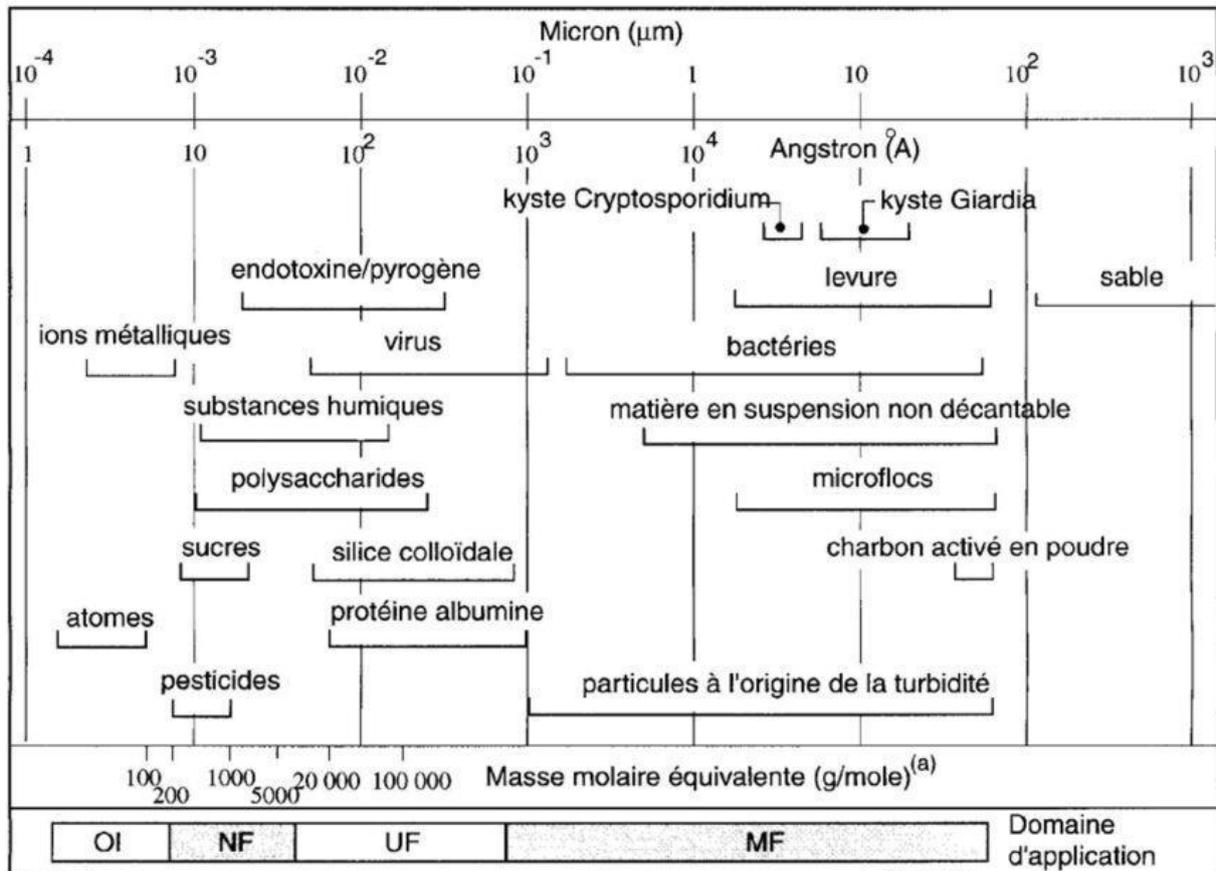


Figure 12 : Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination. (Noel et al, 2000)

Nous sommes plus intéressées à l'ultrafiltration et à la microfiltration qui servent à éliminer les bactéries et les virus. Elle présente le très gros avantage de n'utiliser aucun réactif chimique, sauf pour leur entretien. Très fiables, elles permettent de traiter des eaux très polluées et de produire une eau très pure, sans goût désagréable ni mauvaises odeurs, et de qualité constante, quelles que soient les variations de qualité de l'eau à traiter. L'inconvénient majeur réside dans la fragilité des membranes.

3. Choix de méthode optimale de désinfection de l'eau de la mine DRAA SFAR.

Le choix de la méthode de désinfection se fait en tenant compte de plusieurs critères tels que :

- la grandeur de l'installation,
- la nature des micro-organismes à éliminer,
- les coûts de l'investissement de l'installation.

-Intervalle entre traitement et consommation.

Pour faire le meilleur choix il faut évaluer chaque méthode en citant ses avantages et ses inconvénients.

	Avantages	Inconvénients
Désinfection par l'ozone	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydant résiduel avec une durée de vie courte. - L'ozone se décompose en O₂ sans laisser de produits dérivés dans l'eau. - Pas d'addition chimique persistante. - Elimination des micropolluants, tels que les pesticides. - Elimination des goûts et des odeurs. 	<ul style="list-style-type: none"> -L'installation de l'unité de traitement par ozonation nécessite une place car elle se fait hors du bassin. -La production d'ozone consomme de l'énergie. -Investissement de départ important.
Désinfection à l'Ultra-violet	<ul style="list-style-type: none"> -le système est économique à l'investissement et à l'utilisation. -Ne laisse aucun dérivé dans l'eau. -Ne modifie pas les qualités gustative et olfactive de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les UV inactivent mais n'élimine pas les bactéries. - Pas d'effet rémanent, il faudra donc coupler le traitement UV avec la chloration pour la recircularisation de l'eau. -Demande d'énergie, donc son coût à prendre en compte.
Chloration	<ul style="list-style-type: none"> -Investissement plus faible. -Système très simple : il suffit d'utiliser une pompe à injection pour mélanger du chlore avec l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> -Laisse un goût caractéristique à l'eau. -Certains dérivés chlorés sont dangereux. -Efficacité du chlore est fonction du pH de l'eau.
Filtration membranaire	<ul style="list-style-type: none"> -Facilité d'emploi. -N'utilise aucun réactif chimique. -Très fiable. -Procédé qui peut fonctionner en continu. -Meilleurs taux de retenue des bactéries et des virus (99.99%). 	<ul style="list-style-type: none"> -Consommation d'énergie élevée. -Faible débit. -Fragilité des membranes.

Tableau 7 : Avantages et inconvénients de chacune des méthodes de désinfection.

L'objectif de la réalisation d'une station de désinfection est d'atteindre un rendement élevé, avec une installation moins couteuse.

L'ozonation et la chloration nécessitent un investissement très élevé, par les équipements et les connaissances techniques qu'elle entraîne. Alors que la désinfection par UV et la filtration membranaire sont simples à mettre en œuvre et économiques, ces méthodes sont plus convenables pour les petites installations.

Les rayons UV inactivent de nombreuses espèces de microorganismes, sans les éliminer. Pour éviter le risque de réactivation de microorganismes, l'ajout du chlore est indispensable afin d'effectuer une désinfection dans le réseau jusqu'au point de consommation.

Donc, la filtration membranaire représente la méthode la plus convenable à notre cas, car c'est la méthode la plus adaptée aux faibles débits avec un investissement faible et un taux de retenue des bactéries et des virus élevé.

Conclusion générale

Le forage SH1 constitue la seule ressource en eau potable de la mine DRAA SFAR à l'exception de l'eau provenant de la mine DRAA SFAR Nord. Cette ressource est soumise à une dégradation qualitative et quantitative continue.

Les analyses chimiques d'eau destinée à l'usage humaine a révélée l'existence de certaines substances microbiologiques dégradant la qualité de cette eau, de même que l'usage non-contrôlé de cette ressource peut aboutir à un déficit en eau dans les prochaines années.

Partant de ces considérations, nous avons mené une étude visant à améliorer la qualité des eaux destinées aux usages domestiques, en proposant la réalisation d'une station de désinfection et à achever une bonne gestion d'eau en précisant les anomalies du circuit de distribution.

Afin de produire une eau pure qui répond aux normes, et d'éviter les problèmes sanitaires lié à la présence potentielle dans ces eaux des microorganismes pathogènes, il faut adopter la mine d'un poste de désinfection, qui consiste à éliminer tout élément indésirable.

Cette étude nous a amenée à proposer comme solution le processus de filtration membranaire (ultrafiltration et microfiltration). Ce procédé dit « basse pression » permet la purification de l'eau en une seule étape, en utilisant des membranes dont la paroi agit comme un filtre pour toutes les particules.

Puisque notre orientation repose sur le volet environnemental, cette technologie respecte l'environnement en réduisant le recours aux produits chimiques et les rejets de traitement tout en conservant l'équilibre minéral de l'eau.

La bonne gestion de l'eau reste un défi à réaliser en raison de la pression établie sur la source qui alimente la mine, les perspectives qui s'inscrivent au sein de cette démarche sont :

- L'implantation d'un autre forage d'eau
- La réalisation d'un nouveau circuit de distribution en séparant les deux secteurs domestiques et industriels.
- Adoption d'une technologie qui renseigne et détecte les fuites dans le réseau.
- Le recyclage des eaux usées et leur utilisation en industrie.

Bibliographie

El younssi, El yamani. (2017). DIMENSIONNEMENT TECHNIQUE DU CIRCUIT D'EXTRACTION 1200/1030 à la mine Draa Sfar.17, 18 p..

H. IBOUH, M. HIBTI, M. OUTHONJITE, M. ESSAOUDI, S. BOUKERROU, M. ZOUHAIR, L. MAACHA. (2011). Le gisement polymétallique VMS de Draa Sfar (Jebilet centrales), (Notes et Mem. Serv. geol. Maroc, n° 232), 215 p..

P. pascon. 1986. capitalisme and agriculture in the Haouz of Marrakech. ed John R. Hall.33, 35 p..

Noel M-N, Lebrun R, Bouchard C. (2000). Electro-nanofiltration of a textile direct dye solution deslination. 129, 125,136 p..

Huvelin P.1977. Etude géologique du massif hercynien des Jbilet (Maroc occidental). Notes et Mém-Serv. Géol. Maroc, 232 bis, 1-307.

Webographie

www.managemgroup.com

www.accuwater.com

<http://piscineinfoservice.com>

www.lms-water.com

<http://traitement-eau.ookera.fr>: traitement-eau.ookera.fr

www.emse.fr

www.actinnovation.com

<http://eau.seine-et-marne.fr/>

<http://www.fndae.fr>

ABHT: <http://www.eau-tensift.net>

Annexes

Annexe i : Données climatiques de la région de Marrakech

Année 2017-2018	Température minimale	Température maximale	Précipitations
Janvier	13°C	20°C	16mm
Février	15°C	23°C	41mm
Mars	19°C	27°C	18mm
Avril	25°C	33°C	41mm
Mai	18°C	34°C	4mm
Juin	24°C	40°C	13mm
Juillet	31°C	40°C	1mm
Aout	33°C	40°C	17mm
Septembre	28°C	35°C	0mm
Octobre	28°C	33°C	3mm
Novembre	21°C	27°C	38mm
Décembre	15°C	20°C	35mm
Janvier	13°C	18°C	123mm
Février	13°C	18°C	103mm
Mars	16°C	22°C	51mm
Avril	17°C	23°C	126mm

Annexe ii : Normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine

Paramètres physico-chimiques	unité	VMA
Conductivité	Microsimens/cm à 20C°	2700
Potentiel hydrogène	Ph	9.2
Turbidité	NTU :unité de turbidité Néphélo	5
Aluminium	Al :mg/l	
Ammonium	NH4 :mg/l	0.5
Nitrites	NO2 :mg/l	0.1
Nitrates	NO3 :mg/l	50
Chlorures	Cl- :mg/l	750
Sulfates	SO4 :mg/l	

Paramètres indésirables	Unité	VMA
Arsenic	As :mg /l	0.05
Baryum	Ba :mg/l	1
Cadmium	Cd :mg/l	0.005
Chrome totale	Cr :mg/l	0.05
Cuivre	Cu :mg/l	1
Fer	Fe :mg/l	0.3
Fluorures	F :mg/l	1.5
Cyanures	CN : mg/l	0.1
Manganèse	Mn :mg/l	0.1
Plomb	Pb :mg/l	0.05
Sélénium	Se : mg/l	0.01
Zinc	Zn :mg/l	5
Mercure	Hg : mg/l	0.001

Annexeiii : Les données de la consommation de l'eau potable durant la période 2012-2017.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Industrielles	117372	137115	160942	166138	125303	41877
Domestique divers	21807	13245	5965	8123	10299	3936
Domestique douche	17880	16683	12201	17550	21068	29068