

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Hassiba Benbouali de Chlef

Faculté de Génie Civil et d'Architecture

Département d'Hydraulique



THÈSE

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique

Par

GHACHI MOURAD

Thème :

IRRIGATION TRADITIONNELLE PAR LES FOGGARAS DANS L'OASIS D'EZZAOUIA (IN GHAR – IN SALAH)

Soutenue le : 02/07/2022, devant le jury composé de :

M ^r Ezziane. K	Professeur	Université de Chlef	Président
M ^r Remini. B	Professeur	Université de Blida-1-	Rapporteur
M ^r Hamoudi Saaed. A	Professeur	Université de Chlef	Co-Rapporteur
M ^r Bouziane. T	Professeur	Université de Biskra	Examineur
M ^r Habi. M	Professeur	Université de Tlemcen	Examineur
M ^{me} El Meddahi. Y	MCA	Université de Chlef	Examinatrice

Remerciements

Mes remerciements s'adressent d'abord à mon Dieu, tout puissant de m'avoir donné la force et le courage pour les chances qui me sont offertes pour réaliser ce travail.

A mon Encadreur

*Monsieur le Professeur **B.REMINI***

Je vous remercie d'abord d'avoir accepté de m'encadrer, vous m'avez accordé votre confiance en acceptant de diriger ce travail.

Malgré les multiples occupations qui sont les vôtres. Votre ouverture d'esprit et surtout l'intérêt que vous portez à la science font de vous une source intarissable à laquelle tout étudiant devrait s'abreuver.

Avoir un encadreur qui agrège rigueur, amitié, bienveillance, disponibilité et sa gentillesse a été un énorme privilège.

Je tiens à exprimer ma très haute considération, ma profonde reconnaissance et toutes mes pensées de gratitude, non seulement pour votre générosité scientifique mais aussi pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains, qu'elle a su me prodiguer aux moments opportuns.

Merci beaucoup, Mr Remini.B, de croire en moi.

A mon Co-Promoteur

Monsieur le Professeur A. HAMOUDI Saaed

Vous me faites l'honneur de bien vouloir accepter de m'encadrer, vous m'avez accordé votre confiance en acceptant de diriger ce travail.

Recevez toute l'expression de mon sincère sentiment pour l'intérêt que vous avez bien voulu porter à mon modeste travail.

Veillez trouver dans cette page l'expression de ma haute considération et de mon plus profond respect.

Aux Membres du Jury

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Je ne saurais oublier l'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Je voudrais remercier aussi aux mesdames et Messieurs, cadres supérieurs de l'état et fonctionnaires des institutions de la daïra IN GHAR, DRE, DSA, la daïra, et APC rencontré lors de la collecte des données.

Sans oublier tous les familles d'In Ghar, et plus particulièrement, les familles Slama, Hebi et Ndjari, et son fils Abdelhamid, Abdel basset Ndjari, mon oncle Abdelkader Ndjari, ainsi mes frères Abdellah slama, Salah Hebi, pour leurs magnifiques accueils.

Enfin, à ma famille, à mes amis et à tous ceux qui ont participés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, vous trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

*Bien sûr ...j'en oublie mais j'y ai pensé à de nombreuses reprises. Alors
à vous tous,
Merci.*

Mourad GHACHI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe d'identification et de respect


à :


 *La mémoire de mon père*


 *Ma mère*

 *Mes frères et sœurs*

 *Toute ma famille GHACHI et la famille BEN HARKET*

 *Tous mes amis de l'enfance et à tous les habitants de mon
Village –El Karimia-*

 *Mes amis, Membres du bureau d'exécutifs de l'Association El
Yad El Olya pour l'Enfanisme –El Karimia, ainsi que les
Membres actives et les Adhérents.*

 *Mes collègues de la direction des ressources en eau de la
wilaya de Blida en particulier Messieurs Kara Amine et Nouas
Zakaria.*

 *A l'écrivain de mon village Monsieur Sohaib Mohamed
Meghass.*

✚ *Je dédie ce modeste travail à ma chère sœur Fatima et mon frère Ahmed qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

✚ *A mon adorable Rofrane. la petite de mon frère Mohamed qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

✚ *Je dédie ce modeste travail spécialement à ma fiancée Achouaq pour le Goût à l'effort qu'elle a suscité en moi, Depuis le jour où je t'ai connue, ma vie est comblée de bonheur. Merci pour tes encouragements, tu as toujours su trouver les mots qui conviennent pour me remonter le morale dans les moments pénibles, grâce à toi j'ai pu dépasser toutes les difficultés. Que dieu nous bénisse, protège notre amour et nous aide à réaliser tous nos rêves partagés.*

✚ *Je n'oublier pas, enfin d'exprimer ma profond reconnaissance à tous ceux ou celles qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation ce modeste travail.*

Mourad GHACHI

ملخص

نقوم في هذه الأطروحة المتواضعة بدراسة نظام الفقارة في واحة الزاوية بمنطقة إن غر الواقعة بولاية عين صالح. من خلال زيارتنا لواحاحات إن غر 2016 -2022, اكتشفنا وجود واحة صغيرة تبعد ب2 كلم جنوب غرب واحة إن غر والتي تحتوي على خمسة (05) فقارات. بعد إجراء التحريات مع ملاك الفقارات و مصالح الموارد المائية تبين لنا أن هذا الإرث لم يكن محل معاينة أو دراسة من قبل. خلال المحادثات التي قمنا بها مع ملاك هذه الفقارات، يبلغ تدفق مياهها حوالي 50 لتر /الدقيقة بطول إجمالي للنفق 1,5 كلم. على عكس فقارات إن غر التي تستمد مياهها من طبقة المياه الجوفية، إن فقارات الزاوية ذات التدفق الملحوظ تستمد مياهها ذات الجودة العالية من تحت عرق الزاوية. تعاني هذه الفقارات من تدهور مستمر كل سنة بعد أخرى. إن لم تبرمج عمليات التهيئة في أقرب الأجل لهذا الإرث الهيدروليكي. فهذا الأخير مهدد بالاندثار و النسيان.

مفتاح الكلمات : الفقارة- الواحة - الزاوية - الماء القصر – العرق - إن غر.

Résumé

Nous examinons dans cette thèse les foggaras de l'oasis d'Ezzaouia dans la région d'In Ghar de la wilaya d'In Salah. Lors de nos visites effectuées dans les oasis d'In Ghar durant la période 2016-2022, nous avons découvert dans la petite oasis d'Ezzaouia située à 2 kilomètres au sud-ouest de l'oasis d'In Ghar, un système d'irrigation millénaire composé de 5 foggaras. Après des enquêtes auprès des propriétaires des foggaras et les services d'hydrauliques nous avons conclu que ce patrimoine n'a jamais fait l'objet d'un inventaire ou d'une étude sérieuse. Selon nos enquêtes auprès des propriétaires des foggaras, le débit total de ces foggaras avoisine la valeur **50** l/min pour une longueur totale de la galerie égale à 1,5 kilomètres. Contrairement aux foggaras d'In Ghar qui captent les eaux du Continental Intercalaire, celles de l'oasis Ezzaouia captent les eaux de l'Erg Ezzaouia. Ces foggaras d'un débit appréciable et d'une eau de très bonne qualité, se dégradent d'une année à l'autre. Si des opérations de réhabilitations ne seront pas programmées dans à court terme, on risque de perdre ce patrimoine hydraulique.

Mots clés : Foggara- Oasis- Ezzaouia- Eau - Ksar-Erg - In Ghar.

Abstract

We examine in this modest thesis, the foggaras Ezzaouia's oasis in the region In Ghar of the wilaya In Salah. During our visits carried out in there, during the year 2016-2022. we discovered in the small oasis of Ezzaouia located 2 kilometers southwest of the oasis of In Ghar, a thousand-year-old irrigation system composed of 5 foggaras. After inquiries with the owners of the foggaras and the hydraulic services we concluded that this heritage has never been the subject of an inventory or a serious study. According to our inquiries with the owners of the foggaras, the total flow of these foggaras approaches the value of **50** l/min for a total length of the gallery equal to 1,5 kilometer. Unlike the foggaras of In Ghar which captures the waters of the Continental Intercalary, those of the Ezzaouia oasis capture the waters of the Erg Ezzaouia. These foggaras of an appreciable flow and a water of very good quality, degrade from one year to another. If rehabilitation operations are not programmed in the short term, we risk losing this hydraulic heritage.

Key words: Foggara- Oasis- Ezzaouia- Water - Ksar-Erg - In Ghar.

Sommaires

Pages

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

SUR LES FOGGARAS

Introduction	3
1.1.Travaux antérieurs sur les foggaras.....	3
1.1.1. Travaux de Grut (1939)	3
1.1.2. Travaux Savornin (1949, In Larnaude, 1949).....	4
1.1.3. Travaux de Lo (1951).....	4
1.1.4. Travaux de Despois (1958)	4
1.1.5. Travaux d’Odiel (1958).....	4
1.1.6. Travaux de Capot-Rey (1962).....	4
1.1.7. Travaux de Guillaume (1973)	5
1.1.8. Travaux de Champault (1973).....	5
1.1.9. Travaux de Grabier (1980).....	5
1.1.10. Travaux de Marouf (1980)	5
1.1.11. Travaux de Gobolt (1986)	5
1.1.12. Travaux de Guillermou (1993)	5
1.1.13. Travaux d’Oleil (1994).....	6
1.1.14. Travaux de Ben Brahim (2003)	6
1.1.15. Travaux de Remini (2003)	6
1.1.16. Travaux de Remini (2006)	6
1.1.17. Travaux de Remini et Achour (2008)	6
1.1.18. Travaux de Remini, Achour et Kechad (2010)	6
1.1.19. Travaux de Remini, Achour et Albergel (2010)	7
1.1.20. Travaux de Todardo (2011)	7
1.1.21. Travaux de Ivanka (2011)	7
1.1.22. Travaux de Senoussi (2011)	7

1.1.23. Travaux de Remini (2006-2011)	7
1.1.24. Travaux de Remini, et Kechad (2012)	7
1.1.25. Travaux de Remini, Achour et Kechad (2012)	8
1.1.26. Travaux de Remini et Achour (2013)	8
1.1.27. Travaux de Remini et Achour (2013)	8
1.1.28. Travaux de Remini et Achour (2013)	8
1.1.29. Travaux de Remini, Achour et Albergel (2014)	8
1.1.30. Travaux de Remini, Achour et kechad (2014)	8
1.1.31. Travaux de Bensaada et Remini (2014)	9
1.1.32. Travaux de Remini, kechad et Achour (2014)	9
1.1.33. Travaux de Remini (2015)	9
1.1.34. Travaux de Remini et Ghachi (2018)	9
1.1.35. Travaux de Boutadara et Remini (2019)	9
1.1.36. Travaux de Remini et Ghachi (2019).....	10
1.1.37. Travaux de Ghachi, Remini, et Hamoudi (2021).....	10
1.2.Conclusion.....	10

Chapitre 2

SITUATION ET CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

Introduction	11
2.1.Situation et caractéristique de la région.....	11
2.2.Missions et enquêtes	12
2.3.Le climat de la région	13
2.4.Les Nappes.....	13
2.4.1. Les nappes peu profondes.....	13
2.4.2. Les nappes de l'Erg	13
2.4.3. La nappe du Continental intercalaire.....	14
2.5.Les capacités en eau dans la région d'étude ..	15
Conclusion.....	16

Chapitre 3

LES FOGGARAS DE L'OASIS D'IN GHAR

Introduction	17
3.1.Caractéristiques de la foggara d'Irsan	17
3.2.Creusement des foggaras d'In Ghar	18
3.2.1. La galerie principale	20
3.2.2. Le réseau de distribution	23
3.3.Caractéristiques de la foggara d'Irsan, la plus grande de l'oasis d'In Ghar	24
3.4.Evolution du débit de la foggara d'Irsan	26
3.5.Réseau de distribution de la foggara d'Irsan	27
3.6.La qualité des eaux dans l'oasis d'In Ghar	28
3.6.1.1. Qualité des eaux de la foggara d'Irsan.....	28
3.6.1.2. Qualité des eaux de forages.....	32
3.7.L'alimentation en eau du ksar	34
Conclusion.....	36

Chapitre 4

LES FOGGARAS DE L'OASIS EZZAOUIA

Introduction	37
4.1. Caractéristique des foggaras d'Ezzaouia	37
4.1.1. Foggara Ejdida	40
4.1.2. Foggara Kdima.....	43

4.1.3. Foggara Nia Ou ben Mhamed Moulay Hiba.....	44
4.1.4. Foggara Hanou (Tafza)	45
4.1.5. Foggara El Barka (Moulay Ahmed).....	48
4.2.L'eau dans la palmeraie	49
4.3.Dégradation des foggaras d'Ezzaouia	50
Conclusion	54

Chapitre 5

LE PARTAGE DE L'EAU DE LA FOGGARA DANS LES OASIS D'IN GHAR ET D'EZZAOUIA

Introduction	55
5.1. Kial El Ma	55
5.2. Le Chahed (Taleb), Ou Témoin.....	56
5.2.1. El Zmâm.....	57
5.2.2. El Louh.....	58
5.2.3. LA Canne (ELASSA).....	58
5.3. L'hydrométrie de la foggara et les mesures des parts d'eau	59
5.3.1. Scénario 1 : Mise en eau d'une nouvelle foggara	60
5.3.2. Scénario 2 : Entretien d'une foggara	60
5.3.3. Scénario 3 : Achat, vente et emprunt d'une ou plusieurs parts d'eau	60
5.3.4. Scénario 4. Un soupçon sur la variation des parts d'eau.....	61
5.3.5. Scénario 5 : Modification au niveau de la foggara.....	61
5.4. Principe de mesure adopté dans l'oasis Ezzaouia	61
5.5. Déroulement d'une opération de mesure du débit.....	63
5.6. Les unités de mesures utilisées	64
5.7. Application	65
5.7.1. Exemple N°1	65

5.7.2. Exemple N°2	66
5.7.3. Exemple N°3	67
5.7.4. Exemple N°4	69
5.7.5. Exemple N°5	70
5.7.6. Exemple N°6	71
5.7.7. Exemple N°7	74
5.7.8. Exemple N°8	76
5.7.9. Exemple N°9	79
5.7.10. Exemple N°10	80
5.7.11. Exemple N°11	82
5.7.12. Exemple N°12	86
Conclusion	88
CONCLUSION	89

Liste des figures

Pages

Chapitre 2

SITUATION ET CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

Figure 2.1. Situation de la région d'étude (2016).....	12
Figure 2.2. Carte géographique de d'Oasis Ezzaouia (Google Earth, 2022).....	12
Figure 2. 3. Une vue sur une partie de l'Erg Miliana (2016)	14
Figure 2.4. Des palissades pour minimiser l'ensablement provoqué par l'apport du sable de l'Erg Ezzaouia (2017).....	14
Figure 2.5. La coupe hydrogéologique schématique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)	15

Chapitre 3

LES FOGGARAS DE L'OASIS D'IN GHAR

Figure 3.1 : Les foggaras d'In Ghar (Remini,2018)	18
Figure 3.2. Captage des eaux par la foggara (Remini, 2015)	19
Figure 3.3. Alignement des puits de la foggara avec un espacement de 12 m (2016)	20
Figure 3.4. L'entretien de la partie drainante (Photo Salah Hebi,2011)	21
Figure 3.5. Difficultés de travail d'entretien à l'intérieur de galerie (Photo Salah Hebi,2011)	22

Figure 3.6. Le risque du glissement et d'éboulement (Photo Salah Hebi, 2011)	22
Figure 3.7. Risque d'accroissement du débit d'eau (Photo Salah Hebi, 2011)	23
Figure 3.8. Réseau de distribution et de partage de l'oasis Ezzaouia (2016)	23
Figure 3.9. Kasria pierres plates forées (2016)	24
Figure 3.10. Madjens pierres et l'argile (2016).....	24
Figure 3.11. Croquis de la foggara d'Irsan (Remini, 2018)	25
Figure 3.12. Schéma de la coupe longitudinale de la foggara d'Irsan (Remini, 2018)	26
Figure 3.13. Schéma de la coupe longitudinale de la foggara Ejdidia (Remini, 2018).	26
Figure 3.14. Schéma du réseau de distribution de la foggara d'Irsan	28
Figure 3.15. ksar de la région d'In Ghar (2016)	35
Figure 3.16. La mosquée du ksar à In Ghar (2016).....	35
Figure 3.17. Rue couverte : l'ombrage urbain (2016)	36
Figure 3.18. La construction des maisons à In Ghar (2016)	36

Chapitre 4

LES FOGGARAS DE L'OASIS EZZAOUIA

Figure 4.1. Schéma synoptique des 3 parties d'une foggara de l'Erg (Remini, 2018)	38
Figure 4.2. Erg Ezzaouia qui le château d'eau des Foggaras d'Ezsaouia (2016)	38
Figure 4.3. Schéma synoptique d'une foggara de l'Erg (Remini, 2018).....	39
Figure 4.4. Une vue sur l'oasis d'Ezsaouia (2016)	39
Figure 4.5. Jardins (Guemoun) dans l'Oasis Ezzaouia (2016).....	40
Figure 4.6. Foggara Ejdidia avant effondrement d'un puits (Remini,2019).....	41
Figure 4.7. Alignement des puits, synonyme de l'existence D'une galerie souterraine de la foggara Ejdidia (2016).....	41
Figure 4.8. Les vestiges du puits mère de la foggara Ejdidia (2016)	42

Figure 4.9. Schéma synoptique de la Foggara Ejdida après effondrement (Remini, 2019)	43
Figure 4.10. Schéma synoptique de la foggara Kdima (Remini, 2019)	44
Figure 4.11. Une kasria du réseau de partage des eaux de la foggara Kdima (2016).....	44
Figure 4.12 Schéma synoptique de la foggara Nia (Remini, 2019)	45
Figure 4.13. Schéma synoptique de la foggara de Tafza (Remini, 2019)	46
Figure 4.14. Une kasria secondaire du réseau de la foggara de Tafza (2016).....	46
Figure 4.15. Une kasria tertiaire du réseau de la foggara de Tafza (2016).....	47
Figure 4.16. Une seguia du réseau de la foggara de Tafza (2016)	47
Figure 4.17. Un madjen du réseau de la foggara de Tafza (2016)	47
Figure 4.18. Schéma synoptique de la foggara El Barka (avant l'effondrement) (Remini, 2019)	48
Figure 4.19. Madjen de la foggara El Barka (2016).....	49
Figure 4.20. Schéma synoptique de la foggara El Barka (Après l'effondrement) (Remini, 2019)	49
Figure 4.21. Répartition des cultures dans l'oasis (2016)	50
Figure 4.22. Foggara de Tafza : Remplacement des seguias par des conduites en PVC (2016).....	51
Figure 4.23. Foggara de Tafza : Remplacement d'une kasria par un regard d'évacuation d'eau (2016).	52
Figure 4.24. Foggara de Tafza : Opération de recouvrement d'une kasria par des roches plates (2016)	53
Figure 4.25. Foggara Tafza : Opération de nettoyage d'une kasria des racines de la plante Taghinemt (2016).....	53

Chapitre 5

LE PARTAGE DE L'EAU DE LA FOGGARA DANS LES OASIS D'IN GHAR ET D'EZZAOUIA

	Pages
Figure 5.1.Kial El Ma de L'oasis d'In Ghar (2016)	56
Figure 5.2. Instrument de mesure les parts d'eau (2016)	56
Figure 5.3. Un des Chahed de l'opération de partage dans l'Oasis d'In Ghar (2016)	57
Figure 5.4. Zemâm de la foggara Irsan (2016)	57
Figure 5.5. La tablette en bois de la foggara d'Irsan (Louha) (2016)	58
Figure 5.6. La canne de la foggara d'Irsan (2016)	59
Figure 5.7. déroulement d'opération de mesure et partage les parts d'eau (photo Salah Hebi, 2011)...	59
Figure 5.8. Chegfa de la région In Ghar (2013)	62
Figure 5.9 Utilisation de la Chegfa lors d'une opération de mesure d'un fort débit (photo Salah Hebi,2011).....	63
Figure 5.10. Utilisation de la Chegfa lors d'une opération de mesure d'un faible débit (photo Salah Hebi, 2011).....	64
Figure 5.11. Les symboles des mesures sur la canne (2016)	65

Liste des tableaux

Pages

Chapitre 2

SITUATION ET CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

Tableau 2.1. Analyse minéralogique de la nappe albienne (ANRH, 2011) 16

Chapitre 3

LES FOGGARAS DE L'OASIS D'IN GHAR

Tableau 3.1. Analyse des eaux de kasria Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar,2011)..... 29

Tableau 3.2. Analyse des eaux de Seguia Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar,2011).... 30

Tableau 3.3. Analyse des eaux de madjen Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar,2011).... 31

Tableau 3.4. Analyse des eaux de d'Abadou Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar,2011) 31

Tableau 3.5. Les résultats des analyses physico-chimiques (source DSA In Ghar,2011) 32

Chapitre 4

LES FOGGARAS DE L'OASIS EZZAOUIA

Tableau 4.1. : Caractéristiques des foggaras d'Ezzaouia	50
---	----

Chapitre 5

LE PARTAGE DE L'EAU DE LA FOGGARA DANS LES OASIS D'IN GHAR ET D'EZZAOUIA

Tableau 5.1. Les sous multiples de Habba Zrig	64
Tableau 5.2. Les symboles des mesures.....	65
Tableau 5.3. Contribution de chaque participant (Exemple 1)	65
Tableau 5.4. Les parts d'eau de chaque propriétaire (Exemple 1).....	66
Tableau 5.5. Contribution de chaque participant (Exemple 2)	66
Tableau 5.6. La part d'eau de chaque propriétaire (Exemple 2).....	67
Tableau 5.7. Contribution de chaque participant (Exemple 3)	68
Tableau 5.8. La part d'eau de chaque participant (Exemple 3).....	68
Tableau 5.9. La Contribution de chaque associé (Exemple 4).....	69
Tableau 5.10. La part d'eau de chaque participant (Exemple 4).....	69
Tableau 5.11. La Contribution de chaque associé (Exemple 5).....	70
Tableau 5.12. La part d'eau de (Exemple 5)	70
Tableau 5.13. La Contribution de chaque copropriétaire (Exemple 6)	71
Tableau 5.14. La part d'eau de chaque copropriétaire (Exemple 6)	72

Tableau 5.15. La nouvelle part d'eau de chaque copropriétaire (Exemple 6)	73
Tableau 5.16. La part d'eau chaque participant contribué ou l'ajout d'un kraa (Exemple 6)..	73
Tableau 5.17. L'effort de chaque participant en projet annexe (Exemple 6).....	73
Tableau 5.18. La part d'eau de chaque participant en projet annexe (Exemple 6)	74
Tableau 5.19. La part d'eau de l'ensemble de participant (Exemple 6).....	74
Tableau 5.20. Le nombre de habba maaboud de chaque copropriétaire (Exemple 7)	74
Tableau 5.21. La part d'eau de chaque participant (Exemple 7).....	75
Tableau 5.22. la nouvelle part d'eau des propriétaires après l'opération d'entretien (Exemple 7)	76
Tableau 5.23. L'effort de chaque participant en habba maaboud (Exemple 8)	76
Tableau 5.24. Part d'eau de chaque participant (Exemple 8).....	77
Tableau 5.25. La part d'eau de chaque membre de famille (Exemple 8)	78
Tableau 5.26. La part d'eau de chaque héritent (Exemple 9).....	79
Tableau 5.27. La nouvelle part d'eau de chaque membre de famille (Exemple 9).....	80
Tableau 5.28. La Contribution de chaque participant (Exemple 10)	80
Tableau 5.29. La Part d'eau de chaque participant (Exemple 10)	81
Tableau 5.30. Le nouveau débit de chaque propriétaire (Exemple 10)	82
Tableau 5.31. La part de l'oasien de chaque foggara (Exemple 11).....	83
Tableau 5.32. La part de l'oasien de chaque foggara (Exemple 11).....	83
Tableau 5.33. La part d'eau de chaque héritent de la famille (Exemple 11).....	84
Tableau 5.34. L la part d'eau de chaque héritent de la famille (Exemple 11)	85
Tableau 5.35. Le nombre de habba maaboud de chaque copropriétaire (Exemple 12)	86
Tableau 5.36. La part d'eau de chaque participant (Exemple 12).....	87
Tableau 5.37. L la nouvelle part d'eau des propriétaires après location les parts d'eau (Exemple 12).....	87

NOMENCLATURE

Abadou : Canal dans la marge bassin cultural

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

APC : Assemblée Populaire Communale.

AGHESSROU : Galerie souterraine pas profond relie le premier puits de la foggara et le kasria principale.

DSA: Direction de l'Agriculture

DRE : **Direction** des Ressources en Eau

Enfif : l'orifice de sortie

EL AOUNNE : Des peignes avec des galeries (orifices) trouvés dans le kasria permettent le passage de l'eau vers les autres kasria qui suivent ou vers el madjen.

Guemoun : Carré de culture d'environ 6 m²

HM (Habba Maaboud) : est une valeur estimative des efforts déployés par des participants lors de la réalisation de la foggara.

HZ (Habba Z'rig) : est une unité principale, elle est considérée comme la quantité d'eau s'écoulant à travers une ouverture de 15 mm pendant 24 heures

OMS : Office Mondial de la Santé

K (Kirat) : est une unité secondaire de mesure équivalente le débit à travers une ouverture de 4 mm.

KK (kirat de kirat) : unité de mesure le débit équivalente à un vingt-quatrième de kirat.

KKK (kirat kirat de kirat) : unité de mesure le débit équivalente à un vingt-quatrième de kirat el kirat.

LFEHAL : Le kasria principale, dont lequel produite la première répartition de l'eau. il a noté que tous les Fehals des foggaras de la région d'étude sont sous l'Erg. L'Oasis d'In Ghar est caractérisée par deux grand Erg Sableux. L'erg d'Ezzaouia et l'Erg de Miliana.

LKRAA : L'ensemble des puits transversal ajoutés aux côtés de ligne des puits de la foggara mère pour augmenter le débit de ce dernier.

INTRODUCTION GENERALE

Les milieux secs se caractérisent par une faible pluviométrie et par conséquent les eaux superficielles se font rares. Dans ce cas, la seule ressource en eau disponible est l'eau souterraine. Grâce à son génie et son savoir-faire, le Ksourien a inventé diverses techniques d'acquisition et de captage des eaux souterraines. Chaque technique dépend de l'hydrogéologie et de la géographie de son milieu. L'une de ces techniques qui a révolutionné l'irrigation dans le monde aride est sans aucun doute la foggara. Ce système est composé d'une galerie souterraine légèrement inclinée et équipée d'une multitude de puits d'aération. Originnaire de l'ancien Iran, la foggara connue sous le nom de la qanat a été creusée au nord de l'Iran depuis plus de 3000 ans (Goblot 1979; Wulf 1968; Wessels 2005). Vu le succès de cette technique, la foggara s'est propagée dans plus de 30 pays arides de la planète selon Boustani (2008) et 52 pays selon Remini et al (2014). En Algérie, la foggara s'est développée dans les régions de Touat, Gourara et Tidikelt situées à la périphérie du Grand Erg Occidental (Goblot, 1979 ; Kobori, 1982 ; Dubost, 1998 ; Remini et al, 2008, 2010, 2012, 2013). Plus de 1000 foggaras ont été creusées dans ces régions depuis plus de 1000 ans (Remini et al, 2011). Environ 80% de ces foggaras captent les eaux du Continental Intercalaire dans la zone d'affleurement à la périphérie du plateau de Tademaït (Remini et al. 2010). Les 20% de ces foggaras captent les eaux de la nappe supérieure situé sous les dunes du Grand Erg Occidental (Remini et al. 2010 ; Remini et al. 2013). Il est à noter que plusieurs études ont été faites sur les foggaras de Touat et de Gourara, comme les travaux de (Dubost, et Moguedet ,1998), les travaux de (Dubost et, al 1998) et les travaux de Remini et al. (2008). Par contre peu de travaux ont été effectués sur les foggaras de Tidikelt. Parmi ces rares études, nous pouvons citer les travaux de Kobori (1982) et Gaillermou (1993) effectuées sur les foggaras d'Aouelf, et les travaux de Remini et Achour (2013) menées sur les foggaras d'In Salah. Cependant, aucune étude n'a été faite sur les foggaras des oasis Ezzaouia de la région de Tidikelt. C'est la raison principale qui nous a poussées à étudier les foggaras de cette oasis. Pour atteindre un tel objectif, notre thèse est structurée en cinq chapitres. Le premier chapitre évoque les travaux de recherches entamés sur le système des galeries drainantes (foggara). Dans le deuxième chapitre, nous avons examiné la région d'étude tout en insistant sur les caractéristiques hydrologique et géologique de la région d'In Ghar-Ain Salah. Une attention

particulière a été donnée à l'eau et les différentes techniques de captages utilisées dans la région depuis plus de 9 siècles. Le troisième chapitre est consacré à la plus grande foggara de la région qui est la foggara d'Irsan. Il s'agit d'un principal ouvrage hydraulique d'alimentation en eau potable et aussi la source principale d'irrigation de la palmeraie et des jardins. Dans le quatrième chapitre, nous avons traité les foggaras de l'oasis Ezzaouia non inventoriés par les services d'hydraulique, c'est l'originalité de ce modeste travail. Dans le cinquième chapitre, nous avons traité les techniques de mesure et de partage des parts d'eau entre la population dans toute la région d'In Ghar. A la fin ce document se termine par une conclusion.

Chapitre 1

RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES FOGGARAS

Introduction

Avant d'entamer notre étude proprement dite sur l'irrigation traditionnelle par les foggaras, il est nécessaire d'évoquer les travaux de recherches effectuées sur les foggaras dans les régions de Touat, Gourara, et Tidikelt. Depuis des siècles, ce système de captage ingénieux attire la curiosité des scientifiques, des hydrauliciens, des géographes, des architectes ainsi que des sociologues. Ces travaux seront d'un grand intérêt pour la suite de notre recherche.

1.1. Travaux antérieurs sur les foggaras

Plus de 20 siècles d'existence et malgré une rude concurrence avec les techniques modernes de captage des eaux, la foggara est toujours en exploitation. Ceci justifie la réussite d'un tel système. Plus de 50 pays des quatre coins de la planète, la foggara sous différentes appellations, a laissé ces traces. Aujourd'hui, les foggaras fonctionnent dans une dizaine de pays seulement. Nous présentons une dizaine de travaux des auteurs qui ont travaillé sur la foggara.

1.1.1. Travaux de Gruet (1939)

Gruet était parmi les premiers scientifiques qui ont été attirés par le système ingénieux des foggaras des oasis tunisiennes. C'est en 1939 Gruet a travaillé sur une trentaine de foggara d'une longueur de 5 km et d'une largeur de 0,5 km. Destinés à l'alimentation de l'oasis EL Guettar, ces foggaras prennent naissance au piedmont du Djebel Orbata, qui capte la nappe phréatique et jaillit à la périphérie de l'oasis.

1.1.2. Travaux de Savornin (1949, In Larnaude, 1949)

Savornin (1949) a travaillé sur les foggaras de Touat, Gourara, et Tidikelt. Il a surtout évoqué l'importance du réservoir aquifère de captage des foggaras. Selon l'auteur, les drains de ces foggaras drainent à partir de la zone des affleurements de la nappe Albienne. Le captage des eaux est négligeable devant la quantité d'eau du réservoir. Grâce au phénomène de l'artésianisme, se sont les eaux des montés artésiennes très lents que captent en réalité ces foggaras.

1.1.3. Travaux de LO (1951)

Les travaux de LO (1951) se sont intéressés au Génie Civil et plus particulièrement à l'organisation du Chantier d'une foggara. Selon les résultats de cette étude, LO a mis en évidence que le creusement d'une foggara moyenne de 4 km de longueur équipée de puits d'aération d'une profondeur moyenne de 12 m demande 48000 jours de travail avec une équipe de travail composée de 40 ouvriers.

1.1.4. Travaux de Despois (1958)

Despois, (1958) a effectué une étude comparative entre les systèmes d'irrigation dans les sahariennes, tel que le Souf et le Gourara. L'auteur a montré l'ingéniosité de système foggaras dans les oasis de Gourara.

1.1.5. Travaux d'Odiel (1958)

Odiel, (1958) a examiné l'historique de captage des eaux par le système de foggaras dans les oasis de Touat. L'auteur a montré que les foggaras de Tout est parmi les plus anciennes du Sahara. D'un autre côté, l'auteur a montré que les foggaras de Touat se dirigent vers les palmeraies et sont orientées dans le sens Est-Ouest du plateau de Tademaït.

1.1.6. Travaux de Capot-Rey (1962)

Les travaux de Capot-Rey, (1962) ont été consacrés à l'histoire de la construction de la plus ancienne oasis d'Algérie. Il s'agit de Tamentit qui située dans le Touat. Selon Capot-Rey, la première foggara a été creusée à Tamentit par les arabes, puis elle a été développée par les juifs. L'auteur a expliqué la manière de partage des eaux des foggaras. Il a donné également l'état des foggaras dans l'oasis de Tamentit.

1.1.7. Travaux de Guillaume (1973)

Le livre historique de Guillaume (1973) intitulé : « Régime économique et structure du pouvoir le système des foggaras du Touat » évoque le rôle de la foggara sur l'économie de la région. La découverte de la foggara dans la région a facilité l'irrigation des sols et la gestion de l'eau.

1.1.8. Travaux de Champault (1973)

Champault (1973) est le premier auteur qui a mis en évidence les foggaras de l'oasis de Tabalbala. L'auteur a travaillé sur d'autres techniques d'irrigation traditionnelle telle que le puits à poulie et le puits à balancier. Champault a recensé environ vingt foggaras actives en 1961 destinées à l'irrigation de 18000 palmiers de l'oasis de Tabelbala.

1.1.9. Travaux de Grabier (1980)

L'article de Grabier (1980) est divisé en deux grandes parties, l'une a été consacrée au captage des eaux par la foggara d'El Meghier, et l'autre est destinée à la compréhension des règles de mesures et les lois de partage des eaux entre les copropriétaires de la foggara. Cette dernière a contribué à l'augmentation de la production agricole. En effectuant les jaugeages sur la foggara d'El Meghier en 1976, l'auteur a mis en évidence la baisse du débit de la foggara.

1.1.10. Travaux de Marouf (1980)

Marouf (1980) a étudié l'histoire des foggaras dans le Touat, Gourara, et le Tidikelt. Il a montré la relation entre la foggara et les ksours. Il a soulevé aussi le rôle de la foggara dans la vie sociale et plus particulièrement le problème d'héritage.

1.1.11. Travaux de Gobolt (1986)

Les travaux de Gobolt (1986) ont fait l'objet sur les galeries drainantes dans les pays arides de la planète. Il a étudié l'histoire de la réalisation et la propagation des galeries à travers les quatre coins du monde.

1.1.12. Travaux de Guillermou (1993)

Guillermou (1993), a travaillé sur les foggaras de Touat, Gourara, et de Tidikelt. Il a démontré le rôle de la foggara dans le développement agricole de la région.

1.1.13. Travaux d'Oleil (1994)

Oleil (1994) a étudié la foggara de Henou dans l'oasis de Tementit dans la wilaya d'Adrar. Une particularité de toute la région de Touat. C'est une foggara sans kasria. Selon Oleil, la foggara de Hanou déverse directement l'eau dans le Madjen par l'intermédiaire des seguias.

1.1.14. Travaux de Ben Brahim (2003)

Ben Brahim (2003), a travaillé sur les khattaras (foggaras) de Tafilalet (Maroc). Ben Brahim a recensé 300 foggaras en service totalisant une longueur de 450 km de galeries. Elles captent leurs eaux de la rive d'Oued Ghirss (Maroc). Selon Ben Brahim le nombre de foggaras a diminué de 50 % en l'an 2000 à cause d'absence d'entretien.

1.1.15. Travaux de Remini (2003)

Remini (2003) a étudié le processus d'effondrement des foggaras. Le régime des écoulements dans les foggaras d'El Meghier et Bendraou ont fait l'objet de cette étude. Une relation entre l'écoulement et l'effondrement d'une foggara a été mise en évidence.

1.1.16. Travaux de Remini (2006)

Les travaux de Remini (2006) effectués sur les foggaras du Grand Erg Occidental ont montré la diminution du débit des foggaras et l'abandon des foggaras. Le conflit entre la foggara et le forage a été mis en évidence dans cette étude.

1.1.17. Travaux de Remini et Achour (2008)

Les travaux de Remini et al (2008), ont traité les causes de la chute du débit de la plus grande foggara de Timimoun ; il s'agit d'El Meghier. Les éboulements des puits et plusieurs tronçons de la galerie étaient la cause de la diminution du débit.

1.1.18. Travaux de Remini, Achour et Kechad (2010)

Pour la première fois, Remini et al (2010) ont mis en évidence les types de foggaras dans les régions de Touat, Gourara et Tidikelt. Quatre types de foggaras ont été dégagés. Il s'agit des foggaras, de l'Albien, de l'Erg, d'Oued, de Djebel et de Jardin.

1.1.19. Travaux de Remini, Achour et Albergel (2010)

Remini et al (2010) a examiné d'une manière détaillée les causes de dégradation des foggaras dans les oasis de Timimoun. Parmi les causes, les auteurs ont soulevé les problèmes, socioéconomiques et environnementaux.

1.1.20. Travaux de Todardo (2011)

Todardo (2011) a procédé à l'équipement des galeries des foggaras par des canalisations en ciment pour éviter les éboulements et les infiltrations et d'accroître le débit de la foggara.

1.1.21. Travaux de Ivanka (2011)

Ivanka (2011) a examiné la propagation de la foggara à travers les pays arides de la planète. C'est ainsi que l'auteur a répertorié les foggaras et leurs appellation suivant les pays. Il a insisté sur les galeries de l'Afrique du nord, le Moyen Orient et l'Iran.

1.1.22. Travaux de Senoussi (2011)

Les travaux de Senoussi (2011) ont mis en évidence la problématique du système traditionnelle et s'interroge sur son avenir. L'auteur a proposé quelques recommandations pour maintenir la foggara.

1.1.23. Travaux de Remini (2006-2011)

Durant la préparation d'une thèse de doctorat sur les foggaras, Remini a apporté des originalités sur les foggaras. Un classement suivant les types de sources de captage a été établi. Huit foggaras ont été classés, il s'agit des foggaras : de l'Albien, de l'Erg, de montagne, Infero flux, de crues, jardin, de source, de nappe. Deux modes de distribution et de partage des eaux ont été adoptés par l'auteur. Il s'agit de la foggara Horaire et de la foggara volumétrique.

1.1.24. Travaux de Remini et Kechad (2012)

En 2012, Remini et Kechad ont examiné pour la première fois l'irrigation par la foggara dans les pays arabe. Selon les auteurs, il reste 4200 foggaras en service sur 11500 creusées dans 16 pays arabes.

1.1.25. Travaux de Remini, Achour et Kechad (2012)

Remini et al (2012) ont traité les techniques traditionnelles d'accroissement du débit des foggaras. Deux procédés ont été mis en évidence. Il s'agit de la prolongation la partie drainante de la foggara par des creusements des nouveaux puits le long de la galerie principale et par l'addition d'un ou plusieurs branchements de galerie à la galerie principale.

1.1.26. Travaux de Remini et Achour (2013)

Pour la première fois, Remini et Achour (2013) ont étudié les foggaras exploitées dans les oasis d'Ahggar. Selon les auteurs, plus de 184 foggaras ont été creusés dans la région. Elles sont caractérisées par une courte longueur (5 km maximum) et exploitant les eaux de la nappe inferoflux, avec un débit maximum de 5 l/s pour alimenter 12 à 58 Guemoun.

1.1.27. Travaux de Remini et Achour (2013)

Les chercheurs, Remini et al (2013) ont étudié pour la première fois les foggaras d'In Salah. Ce premier travail apporté sur l'état actuel du système hydraulique. Le recensement de toutes les foggaras de la région. Selon cette étude, une trentaine de foggaras sont en service mais avec un faible débit.

1.1.28. Travaux de Remini et Achour (2013)

L'étude de Remini et al (2013) a porté sur une foggara particulière composée de trois kasriates, située dans les oasis d'Ouled Said. Les auteurs ont préférés l'appeler Triple foggara. Elle appartient à environ 150 copropriétaires. L'originalité de la foggara réside dans la source d'eau. En effet, la foggara exploite les eaux de la nappe du Grand Erg Occidental.

1.1.29. Travaux de Remini, Achour et Albergel (2014)

Remini et al (2014) ont mis en évidence, les modèles de connections des foggaras entres elles. En effet, les auteurs ont identifié neuf modèles de raccordement des foggaras. Il s'agit seguia-segauia, Seguia-Kasria, Kasria- Kasria, Seguia – Madjen.

1.1.30. Travaux de Remini, Achour et Kechad (2014)

Remini et al (2014) ont étudié particulièrement les foggaras de Timimoun. Ils ont mis en évidence, la particularité de ces foggaras par rapport à celles de Touat. Deux types ont été dégagés. Il s'agit des foggaras de l'Albien et de l'Erg. Les causes de la détérioration de ce patrimoine culturel ont fait l'objet de cette étude.

1.1.31. Travaux de Bensaada et Remini (2014)

Bensaada et Remini (2014) ont examiné l'impact des forages sur le rabattement de la nappe et l'assèchement des foggaras dans la région de Timimoun. C'est ainsi que les auteurs ont mis en évidence le rayon limite d'installation des forages près de la foggara d'El Meghier (Timimoun).

1.1.32. Travaux de Remini, Kechad et Achour (2014)

Les travaux de Remini et al (2014) ont porté sur la naissance et la propagation des foggaras dans les quatre coins de la planète. L'originalité de cette étude réside dans la présence de la foggara dans 50 pays de quatre continents de la planète.

1.1.33. Travaux de Remini (2015)

L'auteur a fait une découverte dans l'oasis de Timimoun, une petite foggara qui collecte les infiltrations d'eau et les fuites d'eau de la foggara classique. Appelée par l'auteur foggara de jardin, elle dépasse pas les 1500 mètres de longueur, Sept foggaras (en fonctionnement) recensés, le foggara de Zahzaa est le seul restant et fonctionne à faible débit. Mais en 2012, cette foggara a séché.

1.1. 34. Travaux de Remini et Ghachi (2018)

Remini et Ghachi (2018) ont examiné pour la première fois les foggaras des Oasis In Ghar, située dans la région de Tidikelt. Et plus particulièrement la foggara d'Irsan. Pour ces premiers résultats de cette étude montrent que la foggara d'Irsan d'une longueur de 8 km, de 504 puits d'aération et 36 kasria est la plus grande foggara de la région de Tidikelt. Plus de 400 familles vivent de l'eau de cette foggara. Environ 60 hectares de jardins sont irrigués par ce système ancestral.

1.1.35. Travaux de Boutadara et Remini (2019)

En se basant sur les cartes hydrogéologiques et piézométriques réalisées pour les années 2007 et 2016, les auteurs ont pu réaliser la carte de rabattement entre ces deux dates qui montre une causalité explicite avec le phénomène de tarissement des foggaras. Avec le cas des foggaras de Bouda, les auteurs ont rendu explicite l'interférence entre les forages et les foggaras et la sensibilité de ces dernières au moindre rabattement dans leur zone de captage. Cela montre l'intérêt de revoir les formes de gestion actuelles de la nappe à la lumière des transformations récentes dans la zone.

1.1. 36. Travaux de Remini et Ghachi (2019)

Remini et Ghachi ont examiné une originalité de la région de Tidikelt de L'oasis In Salah-In Ghar. Ils ont traité en détail dans cet article Les méthodes traditionnelles de mesure des débits et le partage des eaux de la foggara d'Irsan.

1.1.37. Travaux de Ghachi, Remini et Hamoudi (2021)

Ghachi et al ont été examinés pour la première fois les foggaras de l'Oasis Ezzaouia dans la région d'In Ghar-In Salah. Une petite oasis située à 2 kilomètres au sud-ouest de l'oasis d'In Ghar, un système d'irrigation millénaire composé de 5 foggaras. Selon les auteurs. Ce patrimoine n'a jamais inventée. Ces foggaras captent les eaux de bonne qualité de l'Erg Ezzaouia (la nappe de l'Erg), avec un débit total avoisine de 50 l/min, pour une longueur totale de la galerie égale à 1,5 kilomètres.

Conclusion

Une trentaine travaux élaboré dans ce chapitre sur les systèmes des galeries drainantes dans différent pays du mode, notamment les foggaras du Sahara Algérien. Les foggaras de Touat et Gourara sont les plus étudiés par les auteurs, plus particulièrement Dubust, Despois, Odiel, Kobori, et Remini.... Par contre peu d'études ont été effectuées sur les Oasis de Tidikelt comme les travaux de Kobori et Gaillermou sur les foggaras d'Aouelf, et les travaux de Remini et Achour sur la foggara d'In Salah. Aucune étude n'a été faite sur les foggaras d'Ezsaouia dans la région d'In Ghar. Une raison pour laquelle on a poussé à l'étude la foggara de l'oasis Ezzaouia -In Ghar. Une région caractérisée par un climat sec, basée sur les ressources en eau sous-sol. A cette effet une étude réservée dans le deuxième chapitre afin d'entamé la situation et les caractéristiques de la région.

Chapitre 2

SITUATION ET CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

Introduction

Dans le présent chapitre nous évoquons, la région que nous avons étudiée, il s'agit d'une paisible Oasis, reconnais par Oasis Ezzaouia, qui appartient à la daïra d'In Ghar, située dans la nouvelle wilaya d'In Salah suite au découpage 2021. Pour mieux connaître Oasis Ezzaouia, nous examinerons la localisation et les caractéristiques d'une oasis qui s'alimente par les systèmes des foggaras. Ces ouvrages hydrauliques exploitent les eaux souterraines non inventerai. C'est pour cette raison, un aperçu sera réservé à la géologie et à l'hydrogéologie de la région.

2.1. Situation et caractéristiques de la région d'étude

L'Oasis Ezzaouia, une petite Oasis appartient à la wilaya d'In Salah. Elle est localisée à 1300 km au sud-est d'Alger (Fig.2. 1). Située à 5 Km au sud de RN°52 reliant In Salah - Aouelf et Adrar et à l'ouest d'In Ghar (Fig.2. 2). Suite au découpage administratif de 1998 l'Oasis d'In Ghar classé comme Commune. Elle occupe une superficie de 28960 ha. L'Oasis Ezzaouia est Classée comme une région hyper aride puisque la pluviométrie annuelle ne dépasse pas les 60 mm. En plus des températures dans les valeurs peuvent dépasser les 50 °C en période d'été. La région est soumise à des vents violents durant la saison du printemps. La population locale mène une lutte quotidienne pour l'extraction de l'eau dans le sous-sol et de lutter contre l'avancée des dunes de sable. A cause du phénomène d'ensablement plusieurs fois les jardins ont été envahis par le sable ce qui engendré un changement de lieu.

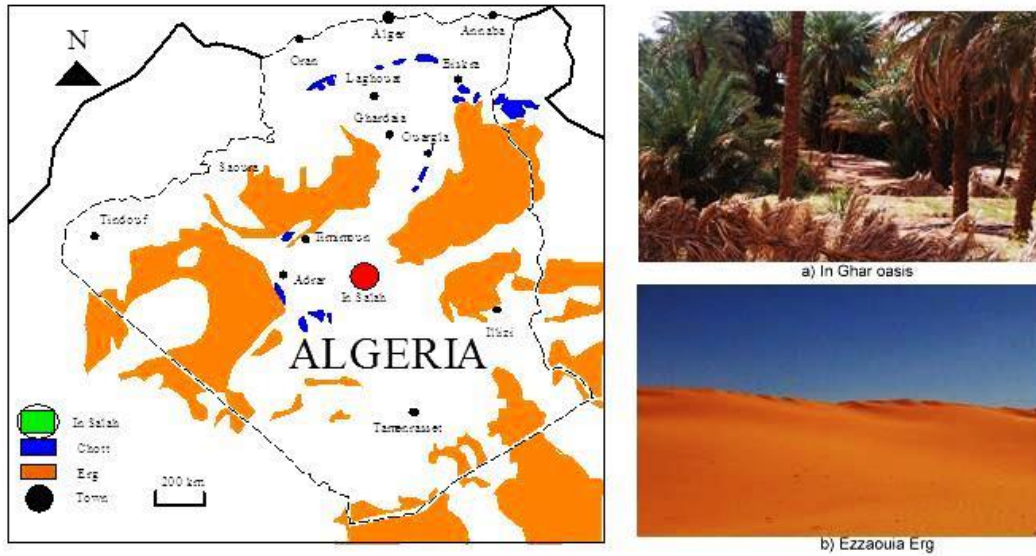


Figure.2.1. Situation de la région d'étude (2016)



Figure. 2.2. Carte géographique d'Oasis Ezzaouia (Source Google Earth,2022)

2.2. Missions et enquêtes

Les foggaras d'Ezsaouia n'ont pas eu l'occasion d'être étudiés par les spécialistes. C'est l'une des raisons qui nous a poussés à s'intéresser à ces ouvrages hydrauliques. A cet effet, nous avons effectué une mission dans l'oasis d'In Ghar durant le mois de décembre 2016-2021. Des enquêtes ont été menées auprès de la population locale et les propriétaires des foggaras ainsi des données acquies par les services des ressources en eau et les services d'agricultures de la daïra d'In Ghar pour avoir le maximum d'informations sur ces ouvrages d'arts. Pour avoir un état détaillé sur le fonctionnement des foggaras, des investigations ont été effectuées à l'amont et à l'aval de ce système hydraulique.

2.3. Le climat de la région

L'analyse des paramètres climatiques est basée sur les données de la station la plus proche, celle d'In Salah présentant les mêmes caractéristiques de la région d'In Ghar et Ezzaouia. Les caractéristiques de la station de référence (In Salah) sont comme suit :

- Altitude : 279 m
- Latitude : 27° 17 N
- Longitude : 02° 30 E

Le climat de la région est typiquement Saharien caractérisé par :

- Une grande sécheresse de l'atmosphère qui se traduit par un pouvoir d'évaporation considérable
- Une très forte insolation due à la faible nébulosité qui accentue les variations thermiques
- Une très faible pluviométrie qui entrave le développement d'une couverture végétale adéquate ce qui accentue les effets du vent de sable.

2.4. Les Nappes

Les ressources en eau sont constituées par les eaux souterraines des nappes phréatiques du complexe terminal alimentées par les eaux de pluie et la nappe du continental intercalaire (albien) est essentiellement fossile

2.4.1. Les nappes peu profondes

Sont des nappes non profondes artésiennes, dites nappes des sables, facile à l'exploitée. Cette nappe phréatique caractériser par la salinité élevé (4 à 7 g/litre). Généralement sont des nappes alimentées par les eaux de pluie.

2.4.2 La nappe de l'Erg

Est une nappe très importante circulant sous les dunes sableuse. La région d'étude caractérisée par deux grande Erg. L'Erg de Miliana et L'Erg d'Ezzaouia (Fig.2.3 et Fig.2.4). Les palmeraies perdues dans les dunes de l'erg montrent l'existence d'eau dans ces endroits. Les foggaras de ces palmeraies (quand elles existent) s'alimentent à partir d'une nappe sous les dunes à la faveur d'une dépression dans la topographie des puits et foggaras peuvent atteindre cette nappe. Les eaux de la nappe de l'Erg ont donc comme exutoire principal de l'écoulement des oueds perdu dans le Sahara.



Figure.2.3. Une vue sur une partie de l'Erg Miliana (2016)



*Figure. 2.4. Des palissades pour minimiser l'ensablement
Provoqué par l'apport du sable de l'Erg Ezzaouia (2017)*

2.4.3 La nappe du Continental intercalaire

Le continental intercalaire est constituée la formation aquifère la plus étendue et la plus profonde de la région, s'étend surtout sur le Sahara septentrional, il constitue un relais entre le bassin Oriental et le bassin occidental. C'est un système multicouche qui s'étend sur une grande superficie du Sahara algérien. C'est dans les eaux de cette nappe que puisent la presque totalité des foggaras du Touat- Gourara ainsi d'ailleurs que celles du Tidikelt. La puissante formation gréseuse du Continental intercalaire est le réservoir principal du Sahara du point de vue hydraulique. Les exutoires de cette nappe sont principalement la région du bas-sahara (El-Oued-Touggourt) où les eaux sont exploitées par des forages artésiens, et le Touat-Gourara où les eaux sont drainées par les foggaras, au Tidikelt de petites sources sont aussi à signaler.

2.5. Les capacités en eau dans la région d'étude

Dans une région caractérisée par la rareté des eaux de surface, causée par le faible pluviomètre, et une température peut atteindre la barre de 50° (DSA In Ghar). Un tel volume d'eau peut disparaître rapidement. Le taux d'évaporation et l'infiltration est très élevé. La seule ressource en eau disponible est l'eau souterraine. Depuis des siècles les oasis du Grand Erg occidental, la foggara de l'oasis d'Ezzaouia capte les eaux de la nappe d'Erg. Ces nappes s'alimentent par les eaux des crues à travers les oueds perdus sous les quantités du sable. L'oasis Ezzaouia est situé à la périphérie du plateau de Tademaït qui assiste sur la nappe du continental intercalaire. Les forages de Tidikelt (région d'étude) exploitent un apport important des quantités d'eau de la nappe du Continental Intercalaire (Fig.2.5). Cette nappe est en effet libre sur plus du moite du Sahara Septentrional cependant à des profondeurs de 130 à 200 m (Besbes, Larbes, Babasy, Merzougui, Juin 2005). La quantité d'eau capté se fera toute dépend des techniques d'acquisition et mobilisation des réserves d'eau.

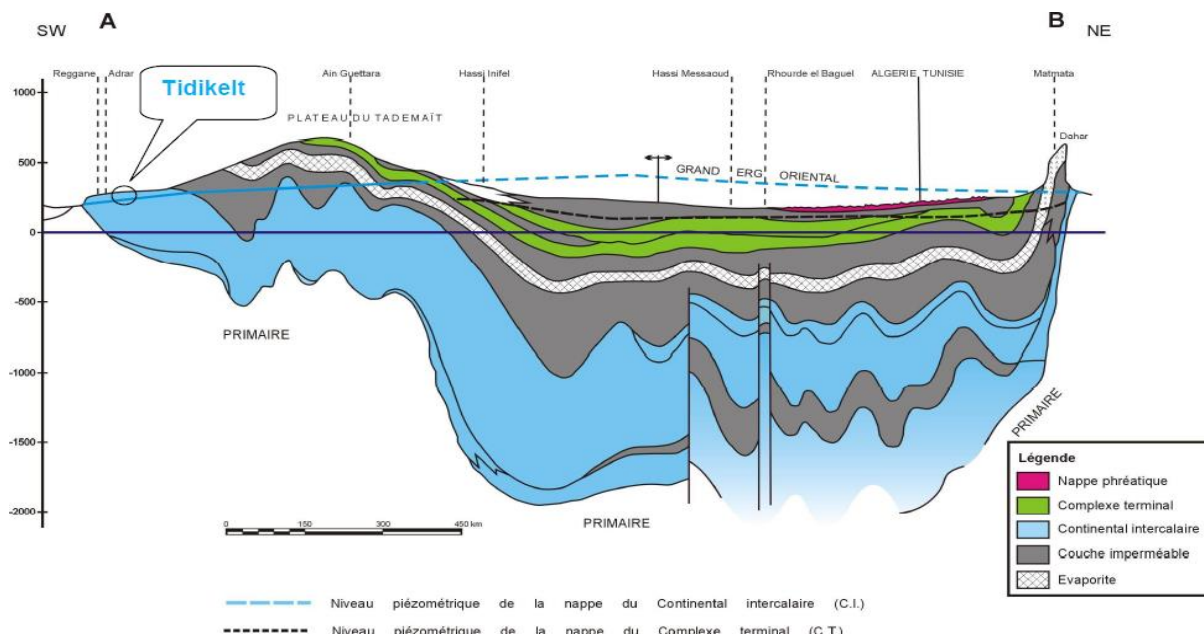


Figure. 2.5. Coupe hydrogéologique schématique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)
 Limites des deux grands systèmes aquifères du Sahara septentrional
 (Système aquifère du Continental intercalaire ; système aquifère du complexe terminal)

L'eau de cette nappe présente une salinité moyenne à In Ghar et In Salah avec des basses températures de l'ordre de 25°C. Ces régions du Sud-Ouest se distinguent par leur système de captage et d'irrigation qui est celui de la Foggara. (DRE In Ghar). La minéralisation de l'aquifère du Continental Intercalaire est très variable. Elle augmente dans les zones

d'alimentation vers les exutoires et en profondeur avec les niveaux argileux (DRE In Ghar). L'analyse minéralogique faite par le DRE In Ghar, de cette nappe albienne a donné les résultats suivants :

Tableau 2.1. Analyse minéralogique de la nappe albienne (ANRH, 2011)

Ca	Mg	K	Na	Cl	So₄	Hco₃	No₂
150 mg/l	85 mg/l	30 mg/l	342 mg/l	531 mg/l	590 mg/l	113 mg/l	00 mg/l

Avec un pH de 7,3 et un Résidu Sec à 110 C de l'ordre de 2 g/l.

Conclusion

Comme nous l'avons montré précédemment, La région d'étude caractérisée par deux grande Erg. L'Erg de Miliana et L'Erg d'Ezzaouia. Les eaux souterraines sont les seules ressources permettant de faire face à la fois aux besoins de l'irrigation de la palmeraie et d'alimentation de la population locale par l'utilisation diverse technique de captage et d'acquisition des eaux. La foggara de l'oasis d'Ezzaouia capte les eaux de la nappe d'Erg. Ces nappes s'alimentent par les eaux des crus à travers les oueds perdus sous les quantités du sable.

Chapitre 3

LES FOGGARAS DE L'OASIS D'IN GHAR

Introduction

L'Oasis d'In Ghar appartient de la région de Tidikelt comporte onze foggaras qui exploitent la nappe de l'Erg. La foggara d'Irsan est la plus grande foggara dans la région. Il s'agit d'un principale ouvrage hydraulique sers à la fois l'alimentation en potable du ksar et l'irrigation de la palmeraie et des jardins. Les caractéristiques de la foggara, l'évolution de son débit, et leur réseau de distribution sera examiné dans ce chapitre.

3.1. Caractéristiques des foggaras d'In Ghar

Onze foggaras ont été creusées d'Est vers l'Ouest pour alimenter en eau les oasis d'In Ghar depuis 9 siècles (fig.3.1). Contrairement aux foggaras de Touat qui captent les eaux de la nappe du Continental Intercalaire, les foggaras d'In Ghar exploitent les eaux cachées sous l'Erg. Cette nappe superficielle s'alimente par les oueds au lieu-dit Taghbana. Durant neuf siècles les oasiens ont creusés des galeries d'une longueur totale de 36500 m. Plus de 2600 puits d'aération ont été creusés pour un profondeur moyenne de 15 m, soit une profondeur totale des puits égale à 3900 m. Pour avoir une idée sur l'effort établis par les oasiens, environ 95 millions de tonnes ont été excavées lors du creusement des galeries de 11 foggaras. Plus de 6500 tonnes de terre ont été enlevés lors du creusement des puits d'aération.

Le principe de fonctionnement de la foggara d'In Ghar est le même que celui des foggaras de Touat. Il est basé sur un drain souterrain légèrement incliné. Ce drain a subit des prolongements et des ajouts de galeries pour maintenir un débit appréciable afin de satisfaire la demande de l'alimentation du ksar et l'irrigation des palmeraies.

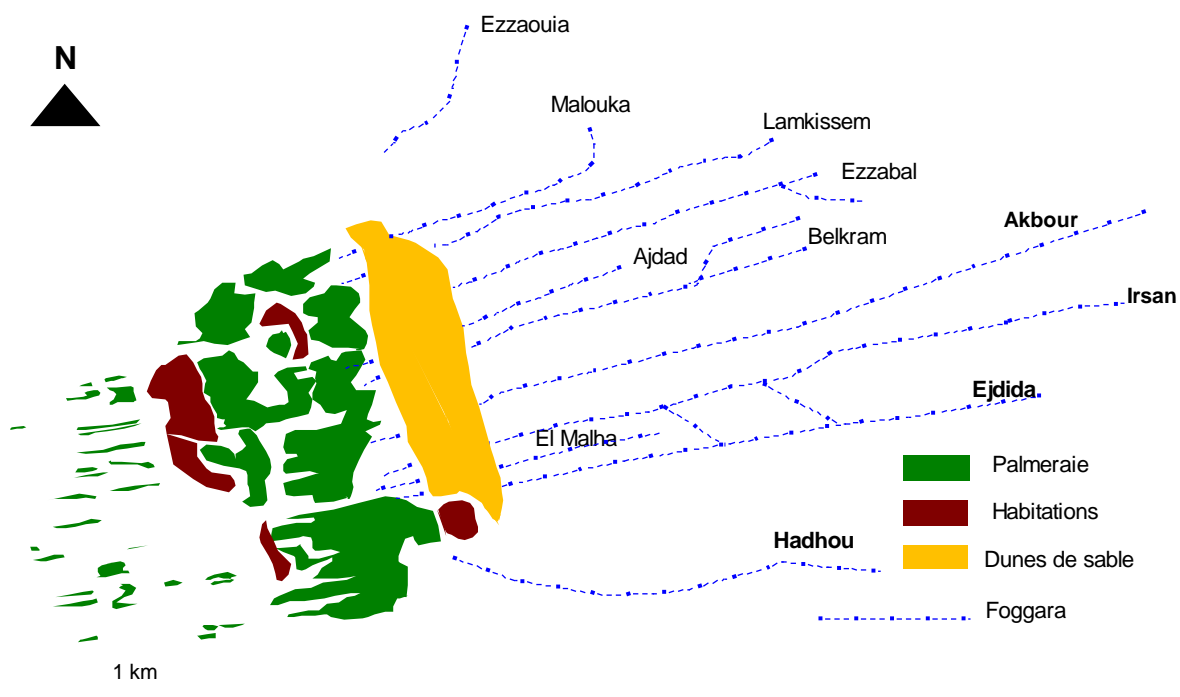


Figure.3.1. Les foggaras d’In Ghar (Remini, 2018)

3.2. Creusement des foggaras d’In Ghar

Creuser une foggara d’une longueur plus de 10 Km dans un milieu désertique et avec des moyens rudimentaires pendant de plusieurs années relève d’un miracle. On ne creuse pas au hasard, mais un tel projet exige un savoir-faire exceptionnel. Il existe une prescription stricte limitée la distance minimale à laisser entre deux foggaras. Cette distance est de l’ordre de 40 Kama équivalant à 80 mètres. Tout est planifier et bien préparer pour atteindre l’objectif très attendu par les oasiens, c’est de voir de l’eau souterraine s’écouler sur le sol. Une fois, l’eau et son niveau piézométriques déterminés par un spécialiste, on creuse d’abord le puits ‘Mère’ qui peut se localiser à plus de 10 km de terres à irriguer. Le dénivelé du niveau piézométrique par la nappe aquifère par rapport au niveau des jardins soit être connu. C’est une donnée nécessaire pour creuser la galerie de la foggara. Obtenir une pente du drain pour permettre à l’eau de s’écouler lentement sur plusieurs Kilomètres pour atteindre les jardins est un travail délicat et Professionnel. Une fois le paramètre « pente » est déterminé, on commence le creusement de l’aval vers amont, c’est-à-dire de la sortie vers le puits mère. Une organisation exceptionnelle du chantier de la foggara avec un chef de projet et les ouvriers spécialistes (Fig.3.2). Tout est préparé d’avance à savoir : corde, l’animal ou l’âne Kofa.

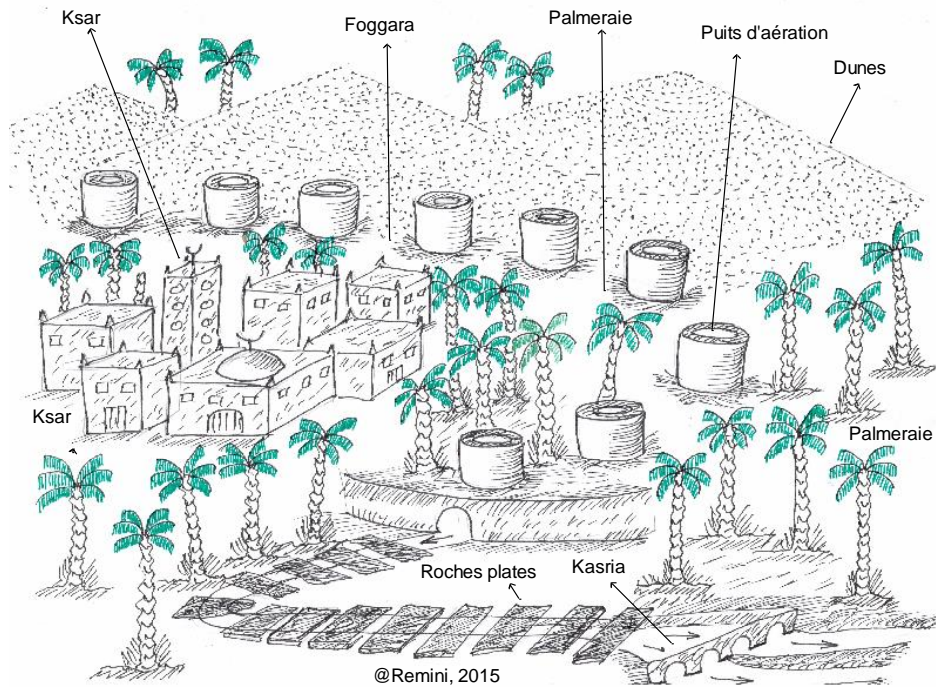


Figure.3.2. Captage des eaux par la foggara (Remini, 2015)

Selon les archives et la bibliographie, le creusement de la galerie s'effectue dans le sens inverse de l'écoulement de la foggara. Le creusement commence toujours par la partie transport (sec). Une fois atteint la partie humide (drainage), l'eau de la nappe s'écoule et s'évacue vers la surface de sol sans perturber les travaux de creusement. (Schéma). Mais la question qui reste posée est « Comment dans un milieu aussi vaste que celui de Sahara, on arrive à localiser le puits mère qui se trouve à plus de 10 km du terrain à irriguer en utilisant des moyens rudimentaires. Il est à rappeler qu'un projet de réalisation d'une foggara est immense et demande une durée de plusieurs années. La connaissance et la maîtrise de l'hydrogéologie de la région est indispensable pour mener un tel méga projet dans des bonnes conditions. La détermination et la localisation du niveau de la nappe aquifère est un paramètre essentiel pour le projet d'une foggara. Il est difficile de répondre à l'interrogation précédente, sauf que dans chaque localité des régions de Touat et Gourara, il existe une personne qui a un savoir-faire exceptionnel dans le système foggara. Ce personnage appelé le génie et il est sollicité pour chaque projet de creusement d'une foggara.

Nous pouvons donner une hypothèse pour les foggaras Albiennes, la direction de la foggara est maîtrisée dès le départ, puisque les oasis connaissent la localisation du champ de captage des foggaras qui se situe le long de la périphérie sud-ouest du plateau de Tademaït. Par contre le problème se pose pour les foggaras qui captent la nappe de Grand Erg Occidental. Dans ce cas le champ du captage est difficile à le délimiter. Jusqu'au il est à préciser le jour au jour

d'aujourd'hui on n'arrive pas à déterminer le puits mère et la longueur de la foggara, puisque ils sont complètement sous le sable et les dunes. La foggara est composée de la galerie souterraine et le réseau de distribution.

3.2.1. La galerie principale

Cette galerie souterraine est divisée en deux parties : Captage et transport.

- **La partie transport**

Le projet commence par le creusement de la galerie dans la partie transport. Au fur et à mesure que le creusement avance et les déblais évacués à l'extérieur, les ouvriers rencontrent des difficultés de lumière et respiratoire ainsi que l'évacuation des terres. Le creusement ne peut pas aller au-delà du seuil de 25 m de longueur. A partir de là, une autre équipe de 3 à 4 ouvriers entameront le creusement du premier tronçon de la galerie creusée. Ceci permettra d'aérer la galerie et de faciliter l'évacuation des terres. La première équipe poursuivra les creusements du deuxième tronçon pour s'arrêter aux environs de vingtaine de mètre. La deuxième équipe creusera en suite le deuxième puits vertical, et ainsi de suite jusqu'à l'arrivée au puits mère. Le Premier puits est à 12 m de la seconde (Fig.3.3). C'est à partir de là le projet de la foggara prendra s'achèvera. Il reste uniquement le nettoyage de quelque débris de terre reste dans la galerie.



Figure. 3.3. Alignement des puits de la foggara avec un espacement de 12 m (2016)

- **La partie captage**

Lors du creusement d'une foggara c'est dans la partie drainante que l'ouvrier rencontre assez de problèmes. Une fois la galerie du transport est achevée, le creusement de la partie drainante commence. A partir de là, les ouvriers entameront le creusement dans la partie humide imbibé d'eau. Le travail s'effectue dans des conditions complexes. L'eau est partout, l'ouvrier est mouillé par l'eau et teinté par l'argile. La vision est difficile à cause de l'absence de la lumière à l'intérieur de la galerie (Fig.3.4). Le nombre d'accidents augmente fortement dans cette partie. C'est ainsi que les glissements et les éboulements sont assez fréquents dans la partie drainante. Tout on avance vers le puits mère les difficultés des travaux s'accélère à cause de l'accroissement du débit d'eau, ainsi que le milieu du travail devient impraticable à cause de la boue. Les figures suivantes démontrent le travail pénible des oasisiens aux cours d'une opération d'entretien de la foggara Akbour dans l'oasis d'In Ghar. Le risque d'éboulement et le glissement sont des risques majeur que ce soit dans le creusement ou dans l'entretien d'une foggara. La morte et le problème ophtalmique des ouvriers à cause de la faible d'aération et le manque d'oxygénation à l'intérieur de la galerie (Fig.3.5, Fig.3.6, et Fig.3.7).



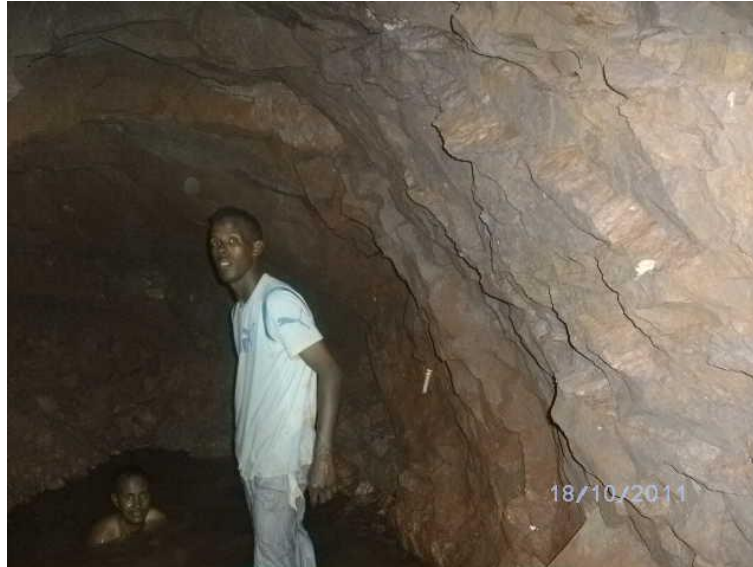
Figure.3.4. *L'entretien de la partie drainante*
(Photo Salah Hebi, 2011)



Figure.3.5. Difficultés de travail d'entretien à l'intérieur de galerie (Photo Salah Hebi, 2011)



Figure. 3.6. Le risque du glissement et d'éboulement (Photo Salah Hebi, 2011)



*Figure. 3.7. Risque d'accroissement du débit d'eau
(Photo Salah Hebi, 2011)*

3.2.2. Le réseau de distribution

Une fois l'eau soutiré devient au sol, les Oasiens ont contribué pour la mise en place un réseau de distribution et de partage les parts d'eau après la détermination les droits d'eau par Kial El Ma pour chaque copropriétaire (Fig. 3.8). L'eau devient un bien individuel. Les seguias construites en différents dimension avec l'argile étanche et imperméable. Les Kasriates sont construites en pierres plates forées afin de répartir les parts d'eau (Fig.3.9).



*Figure. 3.8. Réseau de distribution et de partage
de l'oasis Ezzaouia (2016)*



Figure.3.9. Kasria pierres plates forées (2016)

Les madjens de dimension différents proportionnelle aux parts d'eau construits en pierres et l'argile. L'eau arrive aux Madjens pour ensuite sera destinés à l'irrigation de la palmeraie (Fig.3.10).



Figure.3.10. Madjens pierres et l'argile.(2016)

3.3. Caractéristiques de la foggara d'Irsan, la plus grande de l'oasis d'In Ghar

La foggara d'Irsan est la plus ancienne et la plus grande foggara de la région d'In Ghar qui contient 11 foggaras. Personne ne peut confirmer la date de son creusement. Cependant, selon les informations recueillies sur les lieux de l'oasis d'In Ghar, c'est en 1100 que la foggara d'Irsan a été réalisée. L'Assemblée Populaire Communale d'In Ghar a confirmé cette date. La foggara d'Irsan possède une galerie de 8 km, équipée d'une succession de 504 puits d'aération, espacés de 3 à 12 m (fig.3.11, 3.12 et 3.13). Contrairement aux foggaras de Touat

et Gourara, les puits de la foggara d'Irsan sont peu profonds. Le puits le plus profond possède une hauteur de 24 mètres est situé au niveau des deux réservoirs d'eau de la ville avant l'Erg de Miliana. La foggara d'Irsan peut être considérée comme la plus grande foggara des régions de Touat, Gourara et de Tidikelt. Le débit initial de la foggara d'Irsan (115 l/min) était supérieur à celui de la foggara d'El Meghier considérée comme le plus grand ouvrage des oasis de Gourara, puisque son débit initial n'a pas dépassé 50 l/min (Remini and Achour, 2008).

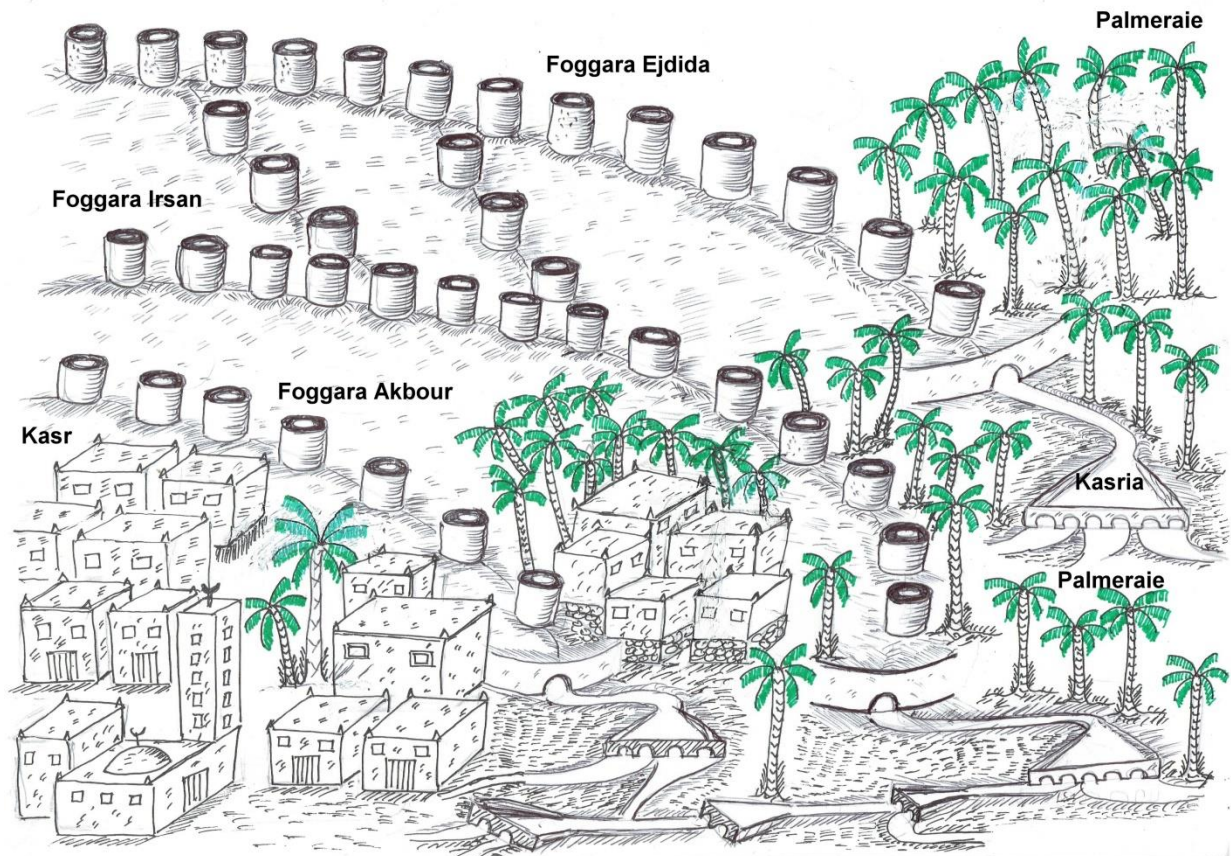
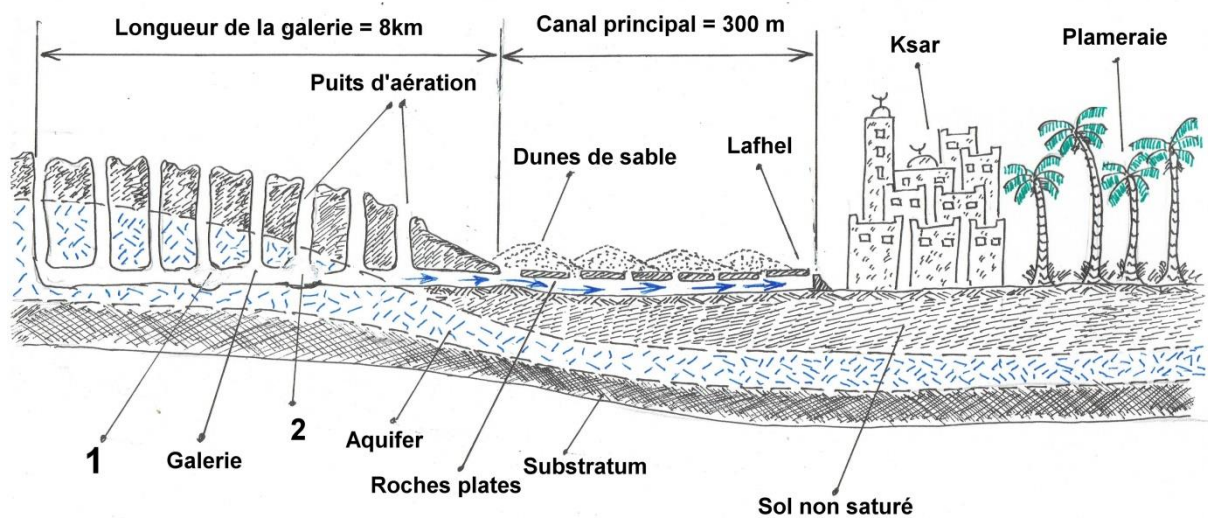
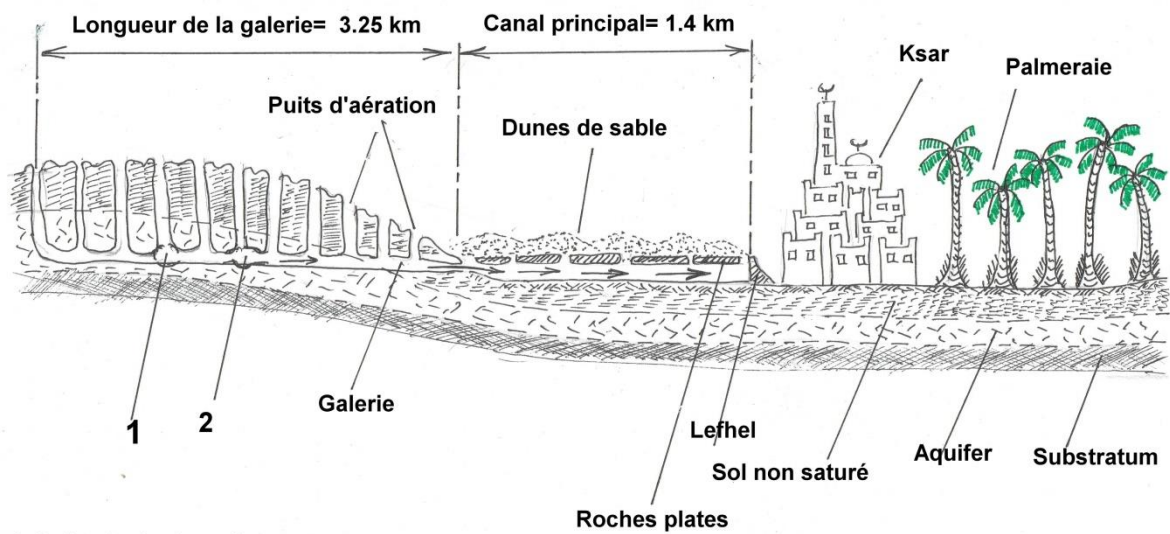


Figure.3.11. Croquis de la foggara d'Irsan (Remini, 2018)



1. Point du 1er branchement
2. Point du 2eme branchement

Figure.3.12. Schéma de la coupe longitudinale de la foggara d'Irsan (Remini, 2018)



1. Point du 1er branchement
2. Point du 2eme branchement

Figure.3.13. Schéma de la coupe longitudinale de la foggara Ejdida (Remini, 2018)

3.4. Evolution du débit de la foggara d'Irsan

La foggara d'Irsan est une foggara de l'Erg. Les crues temporaires drainées par les oueds apportent une quantité d'eau non négligeable qui s'infiltré au milieu des dunes dans l'endroit dit Taghbara qui a formé la nappe d'eau localisée sous l'Erg. La masse du sable constitue un filtre naturel ce qui a donné la bonne qualité de l'eau. L'eau drainée de la foggara d'Irsan

parcourt une longueur de 8 km sous les dunes et 300 m dans une seguia couverte de roches plates avant d'atteindre la palmeraie d'une superficie initiale de 60 hectares. La foggara alimente aussi en eau potables les 400 familles du ksar, soit un débit total de 51 l/min.

3.5. Réseau de distribution de la foggara d'Irsan

L'eau de la foggara est un bien collectif. A la sortie de la galerie, l'eau est partagée entre les copropriétaires de la foggara. Chacun a sa part d'eau, laquelle est déterminée en fonction de la contribution de chaque copropriétaire que ce soit dans la réalisation ou dans l'entretien de la foggara. Dans la région de Tidikelt, Touat et Gourara, le partage de l'eau s'effectue par la méthode volumétrique (par unité de volume). Dans ce cas, les agriculteurs reçoivent leurs parts d'eau au même moment. On parle d'une irrigation parallèle. Pour ce type de distribution, on trouve dans chaque jardin un madjen individuel. Des kasriates de différentes dimensions sont répartis sur toute la superficie de la palmeraie.

Le réseau de distribution de la foggara d'Irsan est destiné à répartir un débit de 3878 haba entre 400 copropriétaires pour une superficie irriguée estimée à 60 ha. Le réseau de distribution est constitué de 36 kasriates, plus de 60 madjens et plus de 3km de seguias de différentes dimensions (Fig.3.14).

A la sortie de la galerie, l'eau parcourt 300 m dans une seguia couverte par des roches plates (appelée canal principal) avant d'atteindre El Fhel (la grande kasria). C'est au niveau de cet ouvrage (El Fhel) que le partage s'effectue entre les familles. Le réseau présente deux seguias principales et 33 kasriates de différentes dimensions.

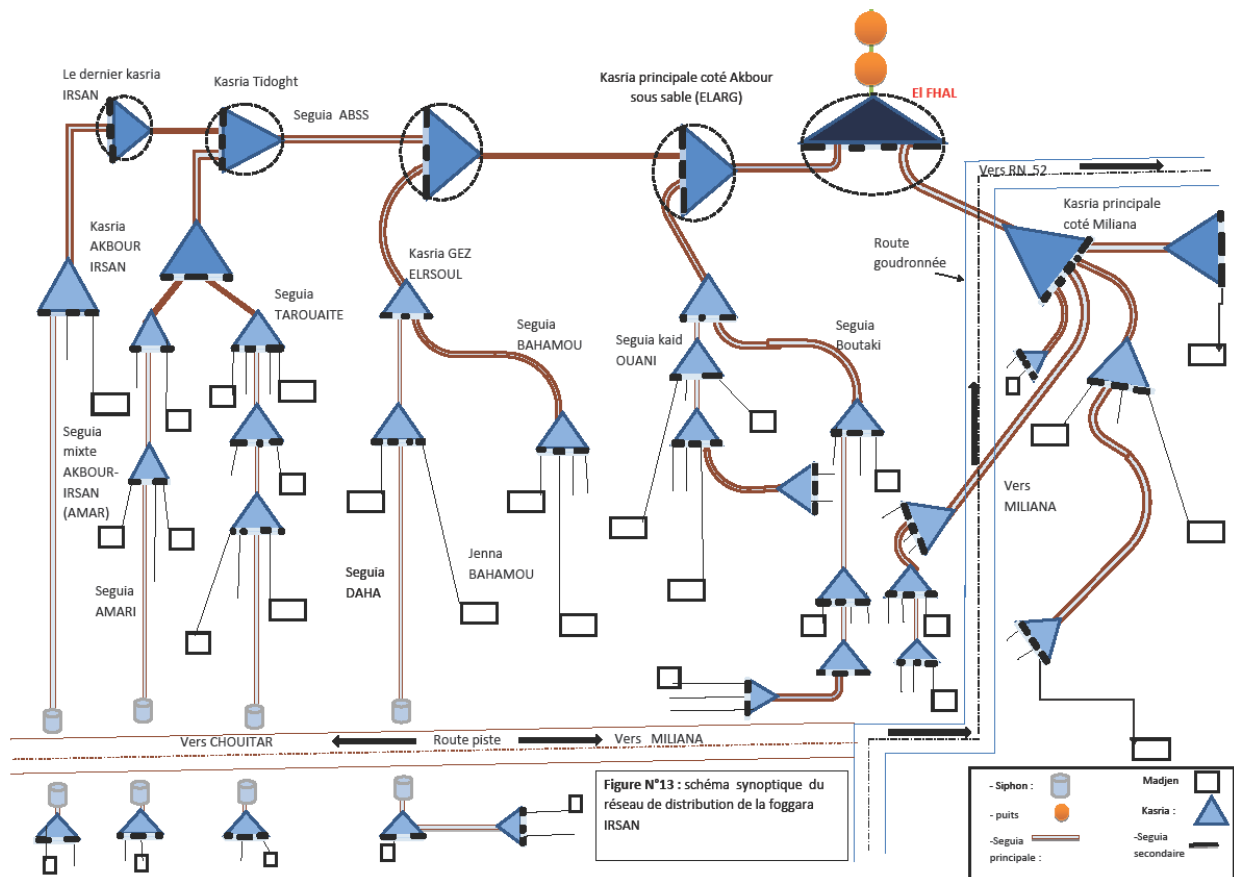


Figure 3.14. Schéma du réseau de distribution de la foggara d’Irsan

3.6. La qualité des eaux dans l’oasis d’In Ghar

Le nombre des foggaras creusées dans les oasis d’In Ghar s’élève à 11. Ce chiffre a été confirmée par l’enquête que nous avons effectué sur les lieux des foggaras, 19 forages profonds sont creusés dans l’oasis d’In Ghar, la ville d’In Ghar est actuellement alimentée par deux (02) forages situés au lieu-dit TAGHEBARA (à environ 15 km de la ville).

Le débit total d’exploitation de ces forages est de 60 l/s (30 l/s chacun) ainsi plus de 5 puits traditionnels situés à l’aval des foggaras et les palmeraies. Les copropriétaires des foggaras signalent et le service d’agriculture sont déclarés : sur les 11 foggaras qui alimentent les oasis d’In Ghar drainent les eaux par la nappe phréatique sous l’erg. En se basant sur le service d’hydraulique, L’APC d’In Ghar, depuis 2000 la foggara Adjded a été abandonnée et elle ne débite plus.

3.6.1. Qualité des eaux de la foggara d’Irsan

Pour déterminer la variation de la salinité d’une eau de foggara. DRE d’in Ghar prélevé quatre prises d’une même foggara, est la foggara d’Irsan. L’usage de ces eaux est

généralement à l'irrigation, mais parfois ces eaux sont utilisées aussi pour la consommation humaine dans beaucoup dans les régions où les forages d'AEP sont plus salés que les foggaras. Selon DSA ces échantillons sont analysés en 2011 au laboratoire de L'ANTH DRO Adrar, avec des analyses demandées, sous le N° de laboratoire 2357. Les tableaux suivants résument les résultats d'analyse des eaux de notre foggara.

Tableau.3.1. Analyse des eaux de kasria Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar, 2011)

	Paramètres	Symbole	Unités	Résulta	N.de potabilité	Val.de réf. pour irrigation
Physicochimique	PH			8 ,03	6,5 à 8,5	
	Conductivité		Ms/cm	2,87	400	3000
	Turbidité eau brute		NTU	0,00	1	
	Residu sec à 110°C		Mg/l	1810,00		
Paramètre de pollution	Ammonium	NH4+	Mg/l	0,00	0,5	
	Nitrite	NO2-	Mg/l	0,00	0,1	
	Nitrate	NO3-	Mg/l	22,00	50	45
	O. Phosphate	PO4-	Mg/l	0,00		6,2
	Mat.OX(mil.Ac.)		Mg/l	0,00		
Minéralisation Globale	Calcium	Ca++	Mg/l	143	100	400
	Magnes	Mg++	Mg/l O2	60	50	60,75
	Sodium	Na+	Mg/l	418	150	920
	Potass	K+	Mg/l	32		2
	Chlorure	Cl-	Mg/l	600	250	1065
	Sulfate	SO4- -	Mg/l	513	250	960
	Bicarbon.	HCO3-	Mg/l	140		610
	Carbonate	CO3- -	Mg/l	0		
	TH	°F	-	60		
	TAC	°F	-	12	50	
	TA	°F	-	0	2,5	
	Minéralisation	-	Mg/l	1779		45
	Somme des ions	-	Mg/l	1928		

Tableau.3.2. Analyse des eaux de Seguia Tidoght Irsan- In Ghar (source DSA In Ghar, 2011)

	Paramètres	Symbole	Unités	Résulta	N.de potabilité	Val.de réfé.pour irrigation
Physicochimique	PH			7,91	6,5 à 8,5	
	Conductivité		Ms/cm	2,87	400	3000
	Turbidité eau brute		NTU	0,10	1	
	Residu sec à 110°C		Mg/l	1780		
Paramètre de pollution	Ammonium	NH4+	Mg/l	0,01	0,5	
	Nitrite	NO2-	Mg/l	0,00	0,1	
	Nitrate	NO3-	Mg/l	31,00	50	45
	O. Phosphate	PO4-	Mg/l	0,11		6,2
	Mat.OX(mil.Ac.)		Mg/l	0,70		
Minéralisation Globale	Calcium	Ca++	Mg/l	122	100	400
	Magnes	Mg++	Mg/l O2	76	50	60,75
	Sodium	Na+	Mg/l	360		920
	Potass	K+	Mg/l	30		2
	Chlorure	Cl-	Mg/l	550	250	1065
	Sulfate	SO4- -	Mg/l	525	250	960
	Bicarbon.	HCO3-	Mg/l	137		610
	Carbonate	CO3- -	Mg/l	0		
	Silice	SiO2		-		
	TH	°F	-	61		
	TAC	°F	-	11	50	
	TA	°F	-	0	2,5	
	Minéralisation	-	Mg/l	1779		45
	Somme des ions	-	Mg/l	1835		

Tableau 3.3. Analyse des eaux de madjen Tidoght Irsan –In Ghar (source DSA In Ghar, 2011)

	Paramètres	Symbole	Unités	Résultat	N.de potabilité	Val.de réfé.pour irrigation
Physicochimique	PH			8,22	6,5 à 8,5	
	Conductivité		Ms/cm	2,69	400	3000
	Turbidité eau brute		NTU	0,10	1	
	Residu sec à 110°C		Mg/l	1845		
Paramètre de pollution	Ammonium	NH4+	Mg/l	0,07	0,5	
	Nitrite	NO2-	Mg/l	0,035	0,1	
	Nitrate	NO3-	Mg/l	28,00	50	45
	O. Phosphate	PO4-	Mg/l	0,27		6,2
	Mat.OX(mil.Ac.)		Mg/l	1,80		
Minéralisation Globale	Calcium	Ca++	Mg/l	135	100	400
	Magnes	Mg++	Mg/l O2	57	50	60,75
	Sodium	Na+	Mg/l	433		920
	Potass	K+	Mg/l	34		2
	Chlorure	Cl-	Mg/l	650	250	1065
	Sulfate	SO4- -	Mg/l	488	250	960
	Bicarbon.	HCO3-	Mg/l	95		610
	Carbonate	CO3- -	Mg/l	0		
	Silice	SiO2		-		
	TH	°F	-	57		
	TAC	°F	-	8	50	
	TA	°F	-	0	2,5	45
	Minéralisation	-	Mg/l	1835		
Somme des ions	-	Mg/l	1919			

Tableau.3.4. Analyse des eaux d'Abadou Tidoght Irsan-In Ghar (source DSA In Ghar, 2011)

	Paramètres	Symbole	Unités	Résulta	N.de potabilité	Valeur.de référence pour irrigation
Physicochimique	PH			8 ,03	6,5 à 8,5	
	Conductivité		Ms/cm	2,87	400	3000
	Turbidité eau brute		NTU	0,20	1	
	Residu sec à 110°C		Mg/l	1860		
Paramètre de pollution	Ammonium	NH4+	Mg/l	0,15	0,5	
	Nitrite	NO2-	Mg/l	0,25	0,1	
	Nitrate	NO3-	Mg/l	22,00	50	45
	O. Phosphate	PO4-	Mg/l	0,20		6,2
	Mat.OX(mil.Ac.)		Mg/l	1,40		
Minéralisation Globale	Calcium	Ca++	Mg/l	148	100	400
	Magnes	Mg++	Mg/l O2	65	50	60,75
	Sodium	Na+	Mg/l	420		920
	Potass	K+	Mg/l	32		2
	Chlorure	Cl-	Mg/l	610	250	1065
	Sulfate	SO4- -	Mg/l	508	250	960
	Bicarbon.	HCO3-	Mg/l	140		610
	Carbonate	CO3- -	Mg/l	0		
	TH	°F	-	63		
	TAC	°F	-	12	50	
	TA	°F	-	0	2,5	
	Minéralisation	-	Mg/l	1779		45
	Somme des ions	-	Mg/l	1945		

Les eaux prélevées et les analyses de la foggara Irsan, donnent un PH acceptable et ne dépasse pas les normes (6,5 à 8,5), par tous les points prélevés, l'eau de la foggara Irsan ne pas polluent, mais l'augmentation de nitrite (0,25) dans Abadou signifier le contacte l'eau avec terre. Le taux de la minéralisation dans foggara élève est liée directement à la nature

géologique des terrains traversés par l'eau. L'ion calcium est obtenu en majorité par l'attaque par CO₂ dissous des roches calcaires. Ou par simple dissolution sous la forme de sulfates dans le cas de gypse. La teneur en magnésium dépend, de la composition des roches rencontrées tel que les roches formées par le calcaire dolomitique. L'eau de cette foggara donne une minéralisation supérieure à 1000 mg/l et inférieure à 2000 mg/l, cette gamme rend pour des eaux de qualité acceptable pour l'irrigation et de qualité mauvaise pour la consommation. D'après les résultats d'analyses, l'eau de la foggara est mauvaise pour l'alimentation en eau potable. La population locale s'alimente toujours de l'eau de la foggara.

3.6.2. Qualité des eaux de forages

Deux systèmes hydrauliques (traditionnels et modernes) alimentent la ville d'In Ghar. En plus de 10 foggaras et en particulier la foggara d'Irsan alimente le ksar d'In ghar et irrigue la palmeraie. Par contre deux forages ont été installés à la préférence de la région d'In ghar pour capter les eaux de la nappe du continental intercalaire. Cet immense aquifère d'une capacité théorique de 60 milliards de m³ occupent la totalité du Sahara (Besbes, Larbes, Babasy, Merzougui, 2005). La profondeur de la nappe albienne dans la région de Tidikelt avoisine 130 m à 200 m. Les deux forages refoulent des débits de 30 l/s chacun à des profondeurs de 160 m. selon les analyses effectués par les services de l'ANRH d'Adrar l'eau des forages présentent une mauvaise qualité (tableau.3.5).

Tableau.3.5. Les résultats des analyses physico – chimiques (source DSA In Ghar, 2011)

Paramètres	Unité	Date			NORMES		
		08/03/2006	26/10/2010	28/10/2010	OMS	Algérienne	Européenne
Calcium (Ca ⁺⁺)	Mg/l	136	152	152	-	200	-
Magnésium (Mg ⁺⁺)	Mg/l	80	80	80	-	150	50
Sodium (Na ⁺)	Mg/l	390	390	390	200	200	200
Potassium (K ⁺)	Mg/l	33	30	30	-	20	12
Chlore (Cl ⁻)	Mg/l	600	720		PVG	500	250
les sulfates(SO ₄ ⁻)	Mg/l	550	460	460	500	400	200
Carbonate (CO ₃ ⁻)	Mg/l	0	0	0		-	-
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	146	125	128		-	-
Les nitrites(NO ₂ ⁻)	Mg/l	0	0,01	0,01	0,1	-	-
les Nitrates(NO ₃ ⁻)	Mg/l	16,5	22	21,8	50	50	50
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	0,01	-	-	-	-	-
La dureté TH (°F)	-	66	70	70	10-20	Max 50	15-50
TAC (°F)	-	12	10	11	-	-	-
TA (°F)	-	0	0	0	-	-	-
Minéralisation	Mg/l	1959	2027	2027	1500	-	-
Somme des ions	Mg/l	1952	1979	1972	-	-	-
Résidu Sec à 110 °c	Mg/l	1960	2040	2030	-	-	-
Conductivité 25 °c	Ms/cm	3,16	3,27	3,27	-	2,8	2,5
Température	°C	-	22	22	PVG	25	<25
PH	-	7,19	7,52	7,52	6,5-9,5	7-8,5	6,5-9,5
Turbidité eau brute	NTU	0,08	0,01	0,01	5	5	2
Turbidité eau décanté	NTU	-	0	0	5	5	2
Phosphates (PO ₄ ⁻)	Mg/l	0,1	0,02	0,01	-	0,5	

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température et conductivité) des ions majeurs et d'éventuels éléments traces.

La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau. La recherche des contrastes de ces paramètres entre différentes dates de prélèvements facilite la mise en évidence la qualité des eaux en conformité avec les recommandations de l'O.M.S avec cette dernière on interprète les résultats d'analyse des eaux des deux forages. Le tableau présente les analyses des eaux de la région IN GHAR, montre que les valeurs mesurées sur les eaux du réservoir présentent des températures basses, vu la période d'échantillonnage (mois d'octobre), la température est de 22°C. Ne dépasse pas la norme algérienne (25°C), Cette température confirme la profondeur de la nappe Albienne dans la région d'In Ghar (entre 130 et 200 m). Les eaux prélevées et analysées dans les différentes dates de prélèvement, donnent un pH acceptable avec une moyenne de 7,32 et ne dépasse pas les normes (6,5 à 8,5), cette neutralité montre l'existence d'un équilibre entre les hydrogencarbonates déterminés par le TAC et l'acide carbonique libre (CO₂). Le calcium est un métal alcalino-terreux présent dans les eaux de forage. Les sels de calcium sont obtenus lors de l'attaque de roches calcaires (qui sont formées essentiellement de carbonate de calcium) par l'anhydride carbonique dissous (CO₂). Le magnésium est un élément qu'on retrouve dans de nombreux minéraux et dans les calcaires. La teneur en magnésium est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés, il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates (MgCO₃) et de bicarbonates (Mg₂HCO₃). Le titre hydrotimétrique (TH) exprime la teneur en sels de calcium et de magnésium (la dureté totale). Ce qui les rends très dures et donc entartrates. D'après les normes de potabilité des eaux établies par l'O.M.S (50°F), on remarque que pour tous les échantillons prélevés présentent une dureté importante, elle est de 70 °F (66 °F en 2006), le titre hydrotimétrique minimal dépasse 60°F ;ce qui montre que les eaux de cette région sont très dures. Une eau dure, par son apport en calcium et en magnésium, est bonne pour la santé, mais par contre elle accélère l'entartrage des conduites et réagit mal au savon. Le titre alcalimétrique (TA) permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau. Le TA dose la totalité des hydroxydes est nul et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonate (le Titre alcalimétrique complet et des carbonates).donc les eaux de deux forages présentent un caractère alcalin bicarbonaté du fait que le PH est souvent inférieur à 8,5. (Alors pour des pH inférieurs à 8,5 le TA est nul et les concentrations négligeables en ion OH⁻ et CO₃²⁻ qui confirme la valeur TAC est de

moyenne de 11°F se résume à la mesure des ions bicarbonates. Dans notre cas le pH < 8,5 donc le TA est = 0, et TAC correspond à la totalité des bicarbonates. L'eau du réservoir n'est pas polluante, mais une valeur très petite de nitrite (0,01) par rapport à la norme OMS (0,1) dont les deux derniers prélèvements menacent le problème d'entartrage des conduites, La teneur moyenne en nitrates est de 20,1 mg/l. cette valeur reste en dessous de la norme OMS (50 mg/l). La turbidité : Les résultats d'analyses montrent que les eaux des forages sont des eaux claires. (Turbidité 0.01 < 5 NTU). Les résultats d'analyse du mélange des eaux des deux forages font apparaître des teneurs élevés en résidu sec à 110°C, on a relevé une teneur moyenne de 2035 mg/l avec une conductivité électrique à 25°C de l'ordre de 3,27 Ms/cm. Toutes Les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 2,8 Ms/cm (norme algérienne). De plus elles correspondent à des valeurs de minéralisation totale 2027 mg/l. dépassant les normes de l'O.M.S (soit 1500 mg/l).

Les teneurs en sodium dans les eaux de forages sont largement supérieurs à la norme OMS (200 mg/l). On a relevé en une concentration moyenne de 390 mg/l. Ces teneurs élevées en sodium participent au goût particulier de l'eau, et peuvent favoriser l'hypertension. Le potassium de deux forages de (13,65 mg/l) est en dessous de la norme (20mg/l). Les résultats d'analyse des eaux de forage font apparaître des teneurs importantes en chlorures, on a relevé une teneur moyenne de 715 mg/l, et une teneur en sulfates de 460 mg/l. ces teneurs sont en dessous aux normes OMS (500 mg/l) mais reste en dessus des normes algériennes (400 mg/l) et européennes (200mg/l).et une très faible en phosphate dans la région d'In -Ghar.

3.7. L'alimentation en eau du ksar

L'humanité et l'éducation de la population Ksouriens favorise l'alimentation en eau de la foggara pour la totalité des citoyens locaux. Les propriétaires de la foggara creusent une galerie souterraines faiblement incliné qui capte et draine l'eau de la nappe aquifère jusqu'à la surface du sol. Si la partie drainante de la Foggara. La deuxième partie de distribution de l'eau sera Installée. Grace à les kasriates qui se trouvent à l'aval. L'eau sera dans une première phase divise en plusieurs parts d'eau qui seront véhiculées par un réseau des seguias de différentes sections. L'alimentation en eau. Dans ce stade un travail pénible sera réalisé pour constituer le Ksar. Des matériaux locaux iso-thermique utilisés tel que l'Argile, cailloux, pierres... dans la construction des maisons autour du ksar pour former un village traditionnel avec une mosquée et le souk. Les ksouriens s'installés avec un plan architectural bien structuré. (Fig.3.15, et 3.16).



Figure. 3.15. ksar de la région d'In Ghar (2016)



Figure.3.16. La mosquée du ksar à In Ghar (2016)

Dans des régions caractériser par un climat sec avec des températures dépasse le 50° degré. Les Oasiens ont été améliorés des formes urbaines et des rues étroites favorisant a la diminution l'effet du soleil et l'introversion de la maison pour préserver l'intimité, terrasses accessibles de l'urbanisme. Dans les Oasis du Touat, Gourara et Tidikelt, les maisons sont généralement construites en briques crues faites d'un mélange d'argile et de paille, séchées au soleil. Tout en étant un bon isolant thermique, cette argile ne résiste pas aux pluies torrentielles que peut subir l'oasis (Fig.3.17, et 3.18).



Figure.3.17. Rue couverte : l'ombrage urbain (2016)



Figure.3.18. La construction des maisons à In Ghar (2016)

Conclusion

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les foggaras d'In Ghar n'ont jamais fait l'objet d'une étude. Aujourd'hui, l'oasis d'In Ghar détient 11 foggaras d'une longueur totale de 36500 km et 2600 puits d'aération. La réalisation d'un ouvrage d'art ancestral comme celui d'une foggara a nécessité l'extraction de 95 millions de tonnes de terre. Ce qui démontre l'ampleur de ces ouvrages. La foggara d'Irsan considérée comme le plus grand ouvrage hydraulique de l'oasis puisqu'il permet l'irrigation de 60 hectares et l'alimentation en eau de plus de 400 familles du ksar. Aujourd'hui, a chuté de 8640 haba à 3878 haba, soit une diminution de 60%.

Chapitre 4

LES FOGGARAS DE L'OASIS EZZAOUIA

Introduction

Lors de nos missions sur l'oasis d'In Ghar effectuées durant la période : 2016 -2021, nous avons découvert par coïncidence un système de foggara qui alimente en eau l'oasis d'Ezzaouia. Cinq(05) Foggara de l'Oasis d'Ezzaouia n'ont pas été inventoriées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ceci nous a poussés à l'étude ce système millénaire d'existence. Dans le présent chapitre on s'intéresse aux foggaras de l'oasis d'Ezzaouia. Des investigations sur le terrain pour mieux comprendre le fonctionnement de cet ouvrage hydraulique. Des enquêtes ont été menées auprès des propriétaires des foggaras et la population locale pour avoir plus d'informations sur les foggaras.

4.1. Caractéristique des foggaras d'Ezzaouia

L'oasis Ezzaouia appartient à la commune d'In Ghar. Selon l'étude que nous avons menée en 2018, nous avons recensé 11 foggaras creusées dans la région d'In Ghar (Ghachi et Remini, 2018 ; Remini et Ghachi, 2019). Seulement nous avons mentionné l'existence d'une seule foggara dans l'oasis d'Ezzaouia. Donc on ne connaît pas exactement le nombre de foggaras en service dans l'oasis d'Ezzaouia. En plus, nous avons constaté sur le site durant la période : 2016-2019 qu'il existe 5 foggaras qui fonctionnent avec des débits appréciables. Ces 5 foggaras n'ont pas été inventoriées par les services d'hydraulique.

La foggara d'Ezzaouia est une foggara de l'Erg comme celle des oasis d'Ouled Said (Remini et Achour, 2013). L'Erg Ezzaouia est considéré comme le château d'eau des foggaras d'Ezzaouia. Effectivement sous l'Erg, il existe une nappe d'eau de très bonne qualité qui alimente les 5 foggaras. Cette nappe d'eau se recharge par les crues sporadiques et de fortes intensités drainées par les oueds. Comme toutes les autres foggaras de l'Erg, celle d'Ezzaouia

se caractérise par 3 parties : la galerie, la seguia d’amenée (Fhel) et le réseau de distribution. De faible pente et d’une longueur ne dépassant pas 1 km, la galerie de la foggara d’Ezzaouia creusée au fond de l’Erg est équipée d’une multitude de puits d’aération (Fig.4.1).

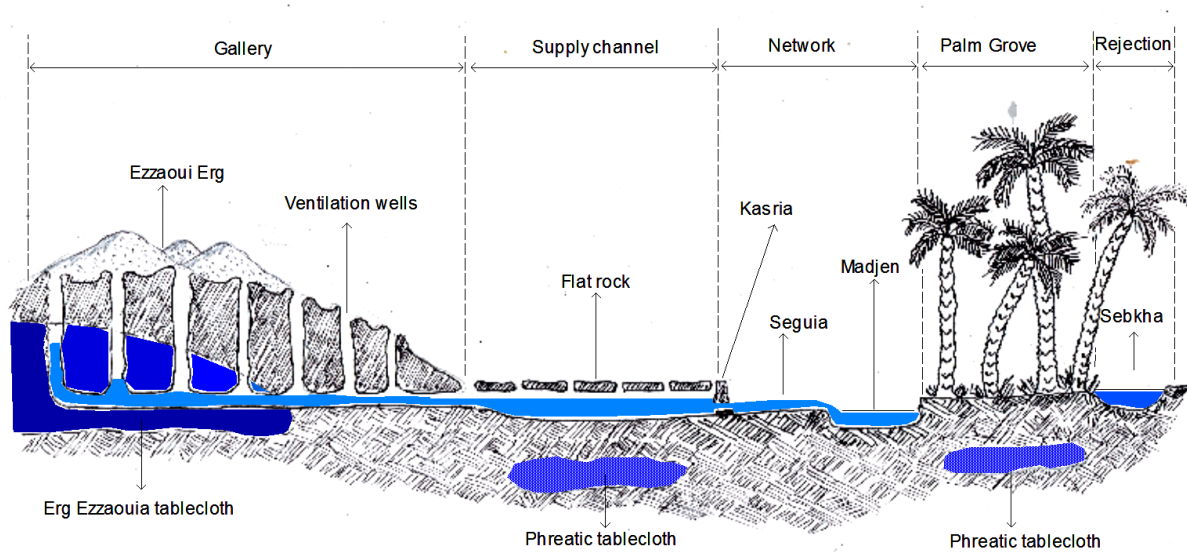


Figure.4.1. Schéma synoptique des 3 parties d’une foggara de l’Erg (Remini, 2018)

Le double rôle de la galerie est de capter les eaux de la nappe de l’Erg puis de la transporter vers la surface du sol (fig.4.2).



Figure.4.2. Erg Ezzaouia qui le château d’eau des Foggaras d’Ezzaouia (2016)

A la sortie de l’Erg, l’eau est transportée par la seguia d’amenée jusqu’à la kasria principale (Fig.4.3). A partir de cet ouvrage mythique, c’est le début du réseau de partage et de la distribution. Le réseau est composé de plusieurs kasrias de différentes dimensions, des seguias et des Madjens. Pour atteindre les jardins de l’oasis, l’eau une fois arrivée sur le sol, elle sera partagée par les différents types de kasrias.

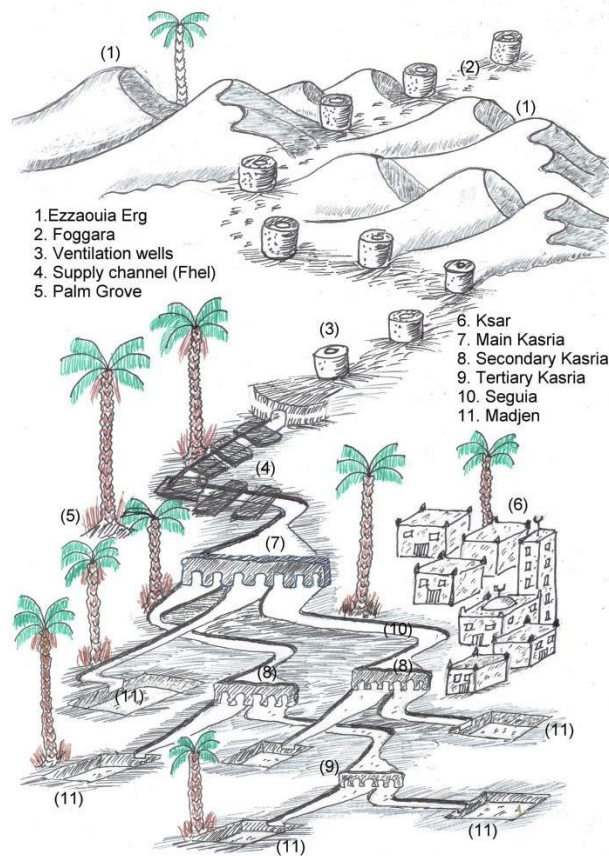


Figure.4.3. Schéma synoptique d'une foggara de l'Erg (Remini, 2018)



Figure.4.4. Une vue sur l'oasis d'Ezzaouia (2016)

Chaque part d'eau est transportée par les seguias (canaux à ciel ouvert) jusqu'aux madjens (bassin de stockage) et ensuite irriguer les jardins (Guemoun) (Fig.4.5).

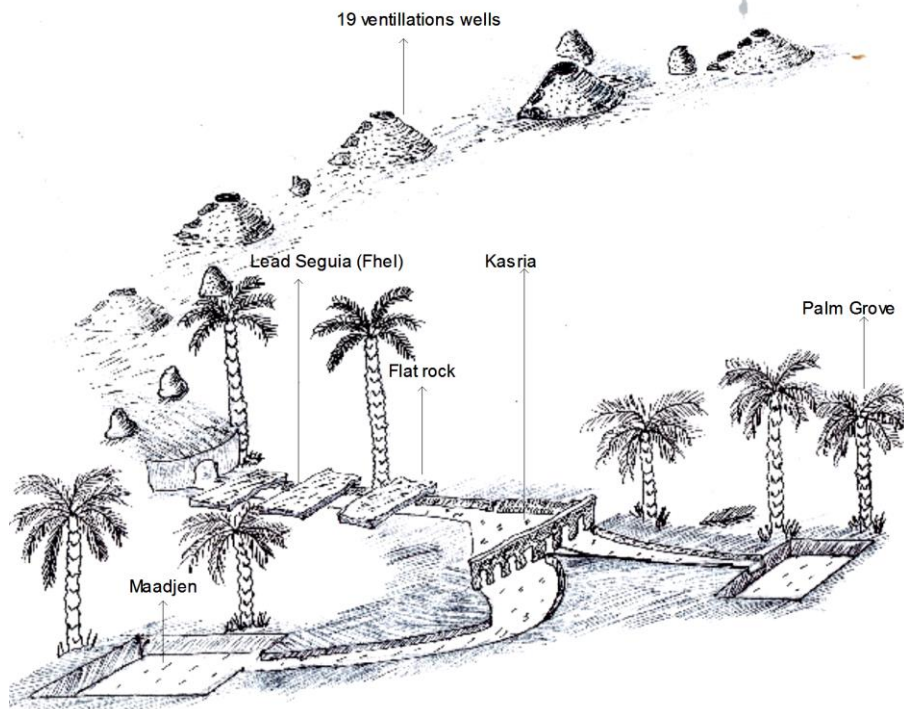


Figure.4.5. Jardins (Guemoun) dans l'Oasis Ezzaouia (2016)

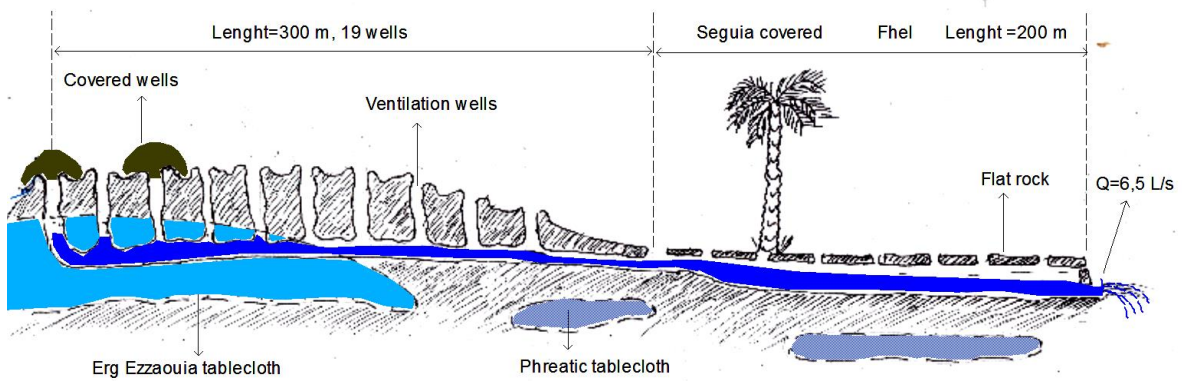
Une fois sur le terrain, nous avons constaté l'existence de cinq foggaras et non une foggara qui alimentent la palmeraie de l'oasis d'Ezzaouia. Les caractéristiques de ces foggaras sont mentionnées ci-après :

4.1.1. Foggara Ejdida

D'une longueur estimée à 300 m, est équipée de 19 puits d'aération, la foggara Ejdida a été creusée par Ben Mhamed Moulay Abdelmalek, pour alimenter la palmeraie d'Ezzaouia avec un débit de 6,5 l/min (Fig.4.6 (a et b), 4.7 et 4.8). Aujourd'hui malgré la présence de l'eau dans la galerie, la foggara ne joue plus son rôle d'irrigation de la palmeraie. Ceci est dû au colmatage de la galerie suite à un éboulement dans la galerie (Fig.4.9 (a et b)). Cette foggara peut être récupérée dans le cas où la population de l'oasis Ezzaouia organisera une opération d'entretien. Cet ouvrage joue un rôle économique et social dans toute la région d'In Ghar, puisque elle appartient à 150 familles.



a) Une vue générale



b) Coupe longitudinale

Figure.4.6. Foggara Ejdid avant effondrement d'un puits (Remini, 2019)



Figure 4.7. Alignement des puits, synonyme de l'existence D'une galerie souterraine de la foggara Ejdid (2016)

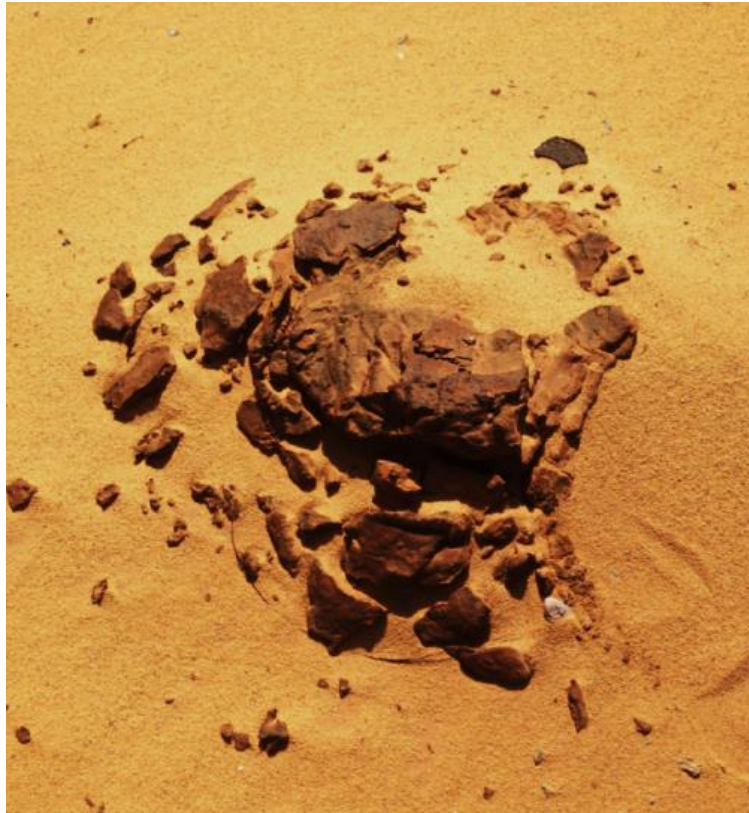
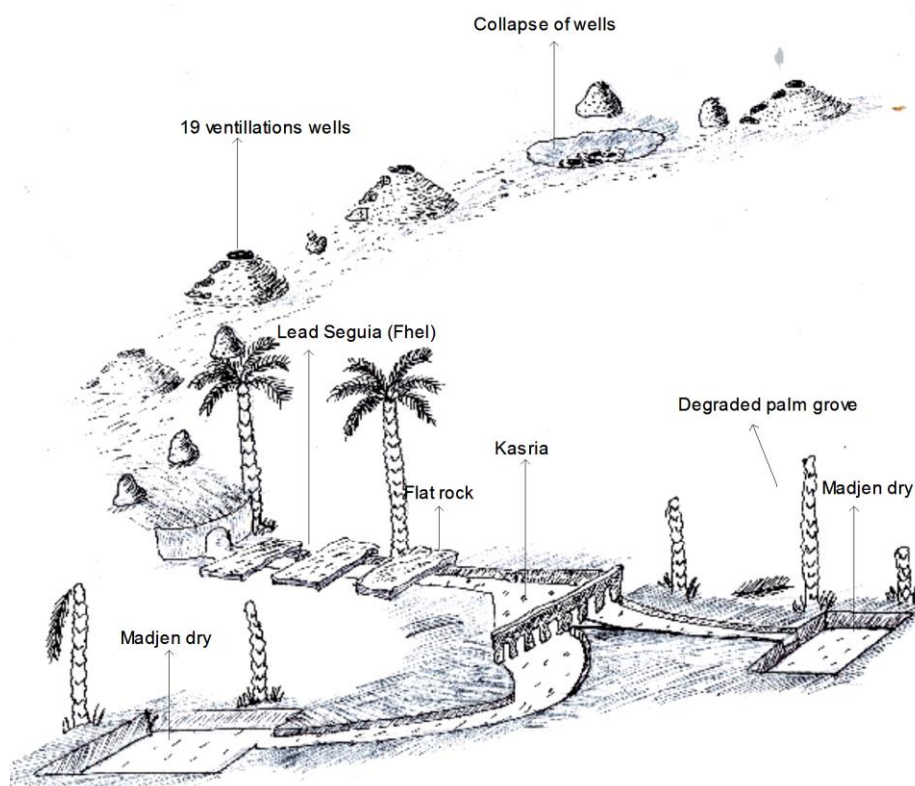


Figure.4.8. Les vestiges du puits mère de la foggara Ejdidia (2016)



a) Une vue générale

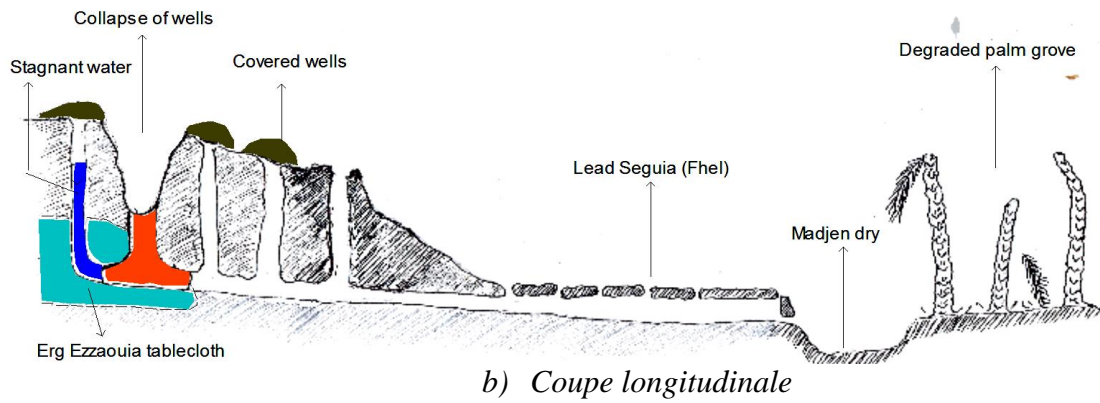
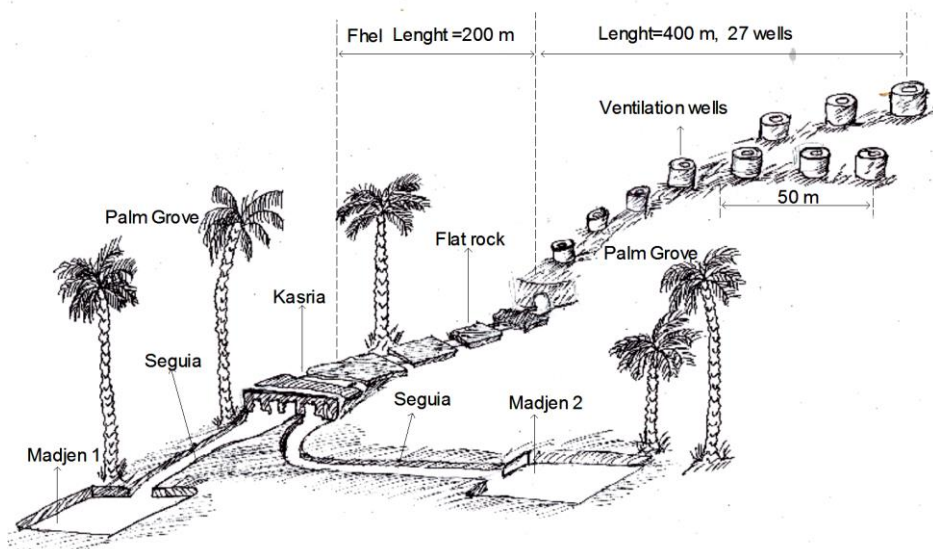


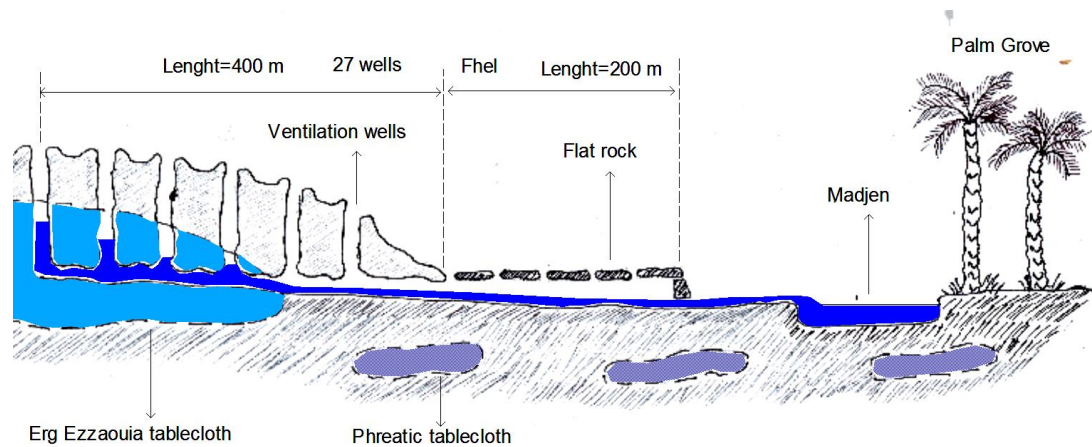
Figure.4.9. Schéma synoptique de la Foggara Ejdidia après effondrement (Remini, 2019)

4.1.2. Foggara Kdima

La foggara Kdima a été creusée par Ben Mhamed Moulay Mhamed. La foggara Kdima possède une galerie principale d'une longueur de 400 m, équipée par 27 puits d'aération. Cependant la foggara Kdima a subi un aménagement par l'ajout d'une galerie secondaire appelée Kraa d'une longueur de 50 m, qui est raccordée à la galerie principale au niveau du onzième puits. Cet aménagement a fait augmenter son débit pour atteindre la valeur de 10 l/min (Fig.4.10 (a et b)). Aujourd'hui la foggara fonctionne toujours, et 100 familles exploitent les eaux de cette foggara. Le réseau de partage et de distribution est intact (Fig.4.11).



a) Une vue générale



b) Coupe longitudinale

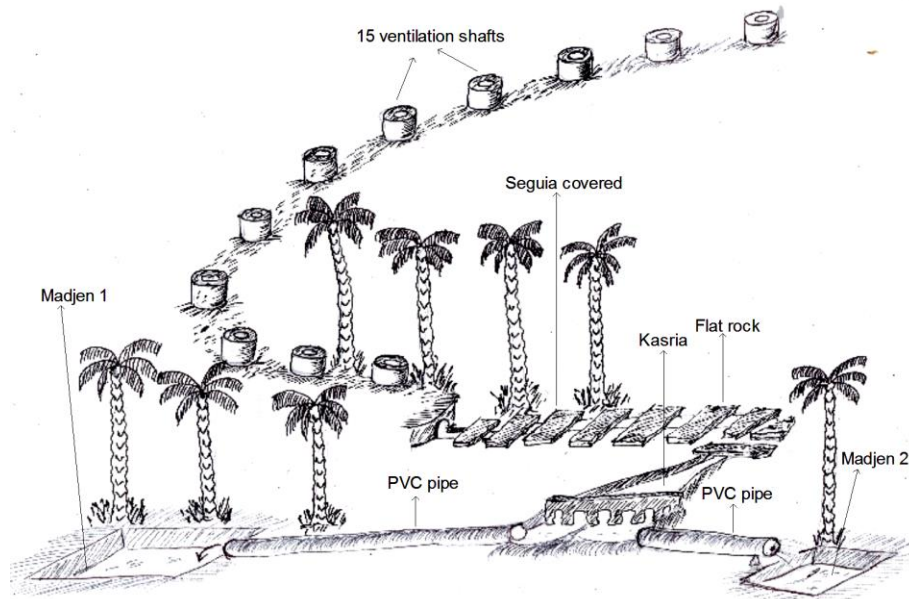
Figure.4.10. Schéma synoptique de la foggara Kdima (Remini, 2019)



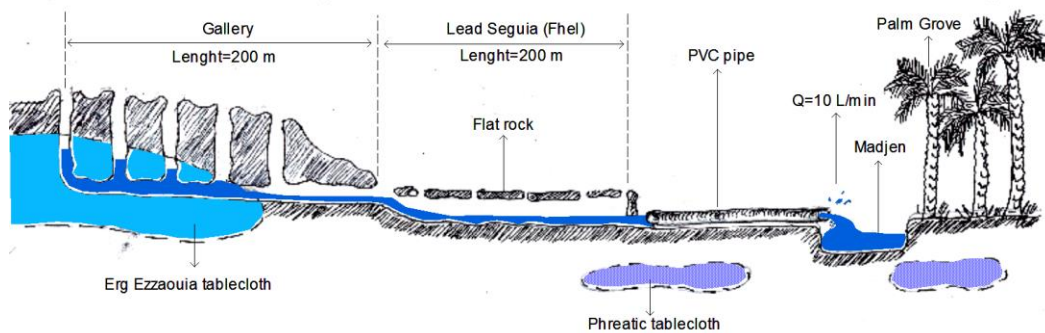
Figure. 4.11. Une kasria du réseau de partage des eaux de la foggara Kdima (2016)

4.1.3. Foggara Nia ou Ben Mhamed Moulay Hiba

La foggara Nia a été creusée par Moulay Hiba, Daouda Oua, et Moulay Abdelmalek. Sa galerie principale possède une longueur de 200 m, équipée par 15 puits d'aération, son débit atteint la valeur de 10 l/min (Fig.4.12 (a et b)), Aujourd'hui elle est gérée par 30 propriétaires.



a) Une vue sur la foggara Nia



b) Coupe longitudinale de la foggara Nia

Figure.4.12. Schéma synoptique de la foggara Nia (Remini, 2019)

4.1.4. Foggara Hanou (Tafza)

Forte foggara qui a une longueur de 350 m équipée par 17 puits d'aération, la foggara Hanou fonctionne toujours, puisque elle irrigue la palmeraie et les jardins de 30 propriétaires avec un débit égal à 9 l/min. La foggara a été renforcée par l'ajout d'un Kraa de 100 m équipée par 6 puits d'aération (Fig.4. 13). Le creusement a été mené par Kabilat Touarg. Après dégradation de la foggara qui a provoqué une chute de débit, messieurs Zegri et Hnin ont procédé à l'entretien de la galerie principale et à l'ajout d'une galerie secondaire.

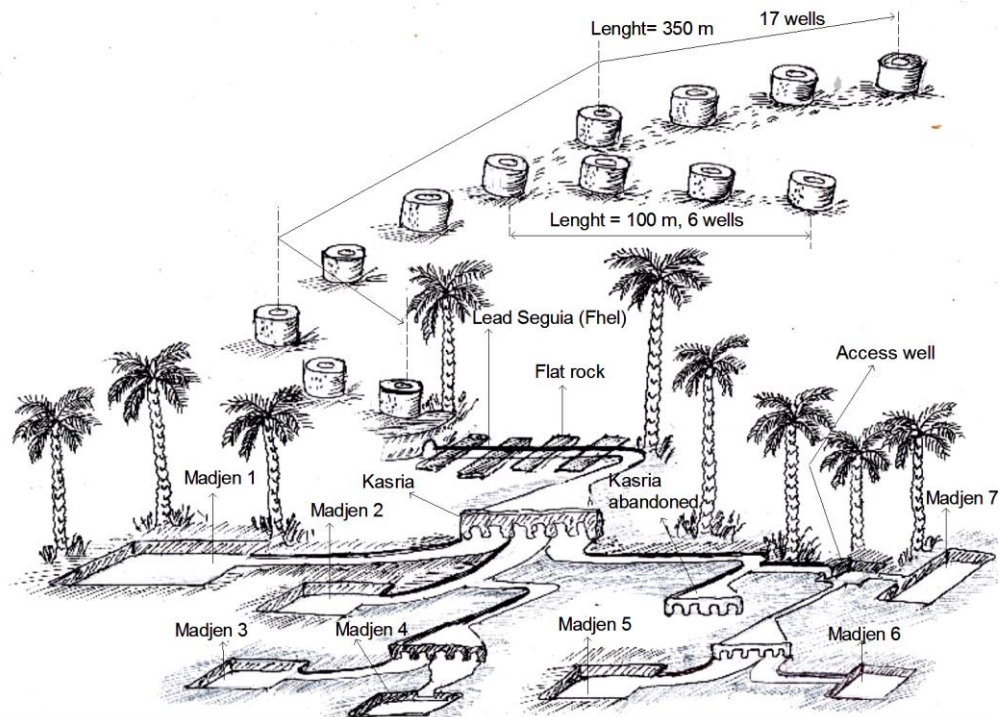


Figure.4.13. Schéma synoptique de la foggara de Tafza (Remini, 2019)

Aujourd'hui, la foggara de Tafza continue toujours à irriguer les jardins de la palmeraie d'Ezzaouia. Le réseau de distribution de l'eau de la foggara est dans l'ensemble en bonne état. L'eau à la sortie de la galerie s'écoule par les kasrias, les seguias pour arriver ensuite aux madjens (Fig4.14, 4.15, 4.16 et 4.17). L'irrigation des jardins s'effectue en parallèle contrairement aux foggaras horaires qui irriguent les jardins en série (Remini, 2019).



Figure.4.14. Une kasria secondaire du réseau de la foggara de Tafza (2016)



Figure .4.15. Une kasria tertiaire du réseau de la foggara de Tafza (2016)



Figure.4.16. Une seguia du réseau de la foggara de Tafza (2016)



Figure.4.17. Un madjen du réseau de la foggara de Tafza (2016)

4.1.5. Foggara El Barka (Moulay Ahmed)

EL Barka, une petite foggara d'une longueur ne dépassant pas les 100 m est équipée par 3 puits d'aération (Fig.4.18 (a et b)). C'est une petite foggara qui peut être classée comme foggara de jardin (Remini et al, 2015). Ne possédant aucune Kasria, l'eau à la sortie de la galerie est transportée directement par la seguia vers le Madjen (Fig.4. 19). Son débit avoisine 9 l/min pour irriguer les jardins de 90 propriétaires. Aujourd'hui à cause d'un éboulement d'une partie de la galerie, la foggara ne fonctionne plus. Une opération de maintenance devient indispensable (Fig.4. 20).

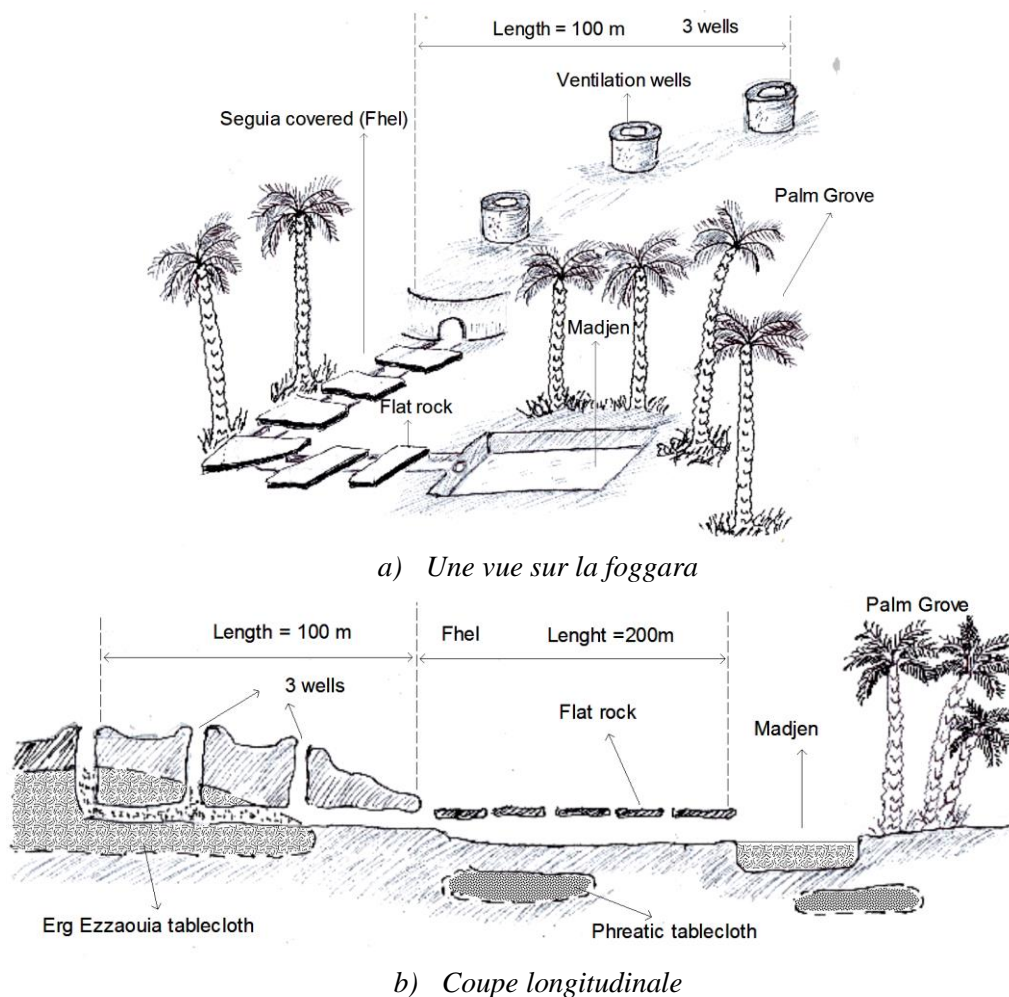


Figure.4.18. Schéma synoptique de la foggara El Barka (avant l'éboulement)(Remini,2019)



Figure.4.19. Madjen de la foggara El Barka (2016)

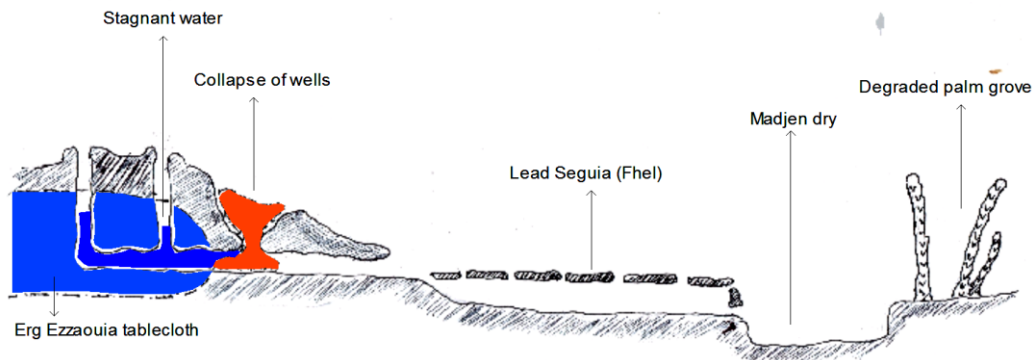


Figure. 4.20. Schéma synoptique de la foggara El Barka (Après l'éboulement)(Remini, 2019)

4.2. L'eau dans la palmeraie

Une fois le partage de l'eau est achevée et la satisfaction de tous les abonnés par la matière d'eau. Une deuxième opération sera attribuée par les propriétaires de la foggara pour le partage des parts d'eau selon la contribution dans la réalisation de la partie Drainante de la foggara. Un réseau des seguias et des kasriates sera effectué dans le champ de l'agriculture. Les Madjens reçoivent les quotas d'eau pour chaque propriétaire. Les parts d'eau seront destinés à l'irrigation. Plus de 60 Puits furent creusées ainsi qu'une Centaines de kilomètres de galeries pour création 5 foggaras dans l'oasis Ezzaouia. Afin de capter l'eau et pouvoir d'irriguer les palmeraies de l'oasis. Les jardins furent développés à l'aval, ayant fortement conditionné par la suite l'évolution de l'oasis à divers espèces agricoles. Au niveau de la palmeraie, les cultures sont disposées d'une façon intercalaire constituant le jardin Oasien, sont principalement le palmier dattier, et des cultures secondaires (intercalaires) cultivées

dans les Gumoun (Fig.4.21). Sont les : blé, orge, avoine, mil, oignon, pomme de terre, tomates, fourrage...etc.

En générale les cultures maraichères (oignon, pomme de terre, tomates, poivron,...) et les cultures céréalières (blé et orge) sont plantées dans les bassins cultivés mais les cultures fourragères comme (mil et avoine) sont plantées dans les canaux de distributions des eaux.



Figure.4.21. Répartition des cultures dans l'oasis (2016)

4.3. Dégradation des foggaras d'Eszaouia

Sur les 5 foggaras creusées dans l'oasis Eszaouia, seulement 3 foggaras ont été exploitées par 160 propriétaires, à raison d'un débit de 29 l/min. Les deux autres foggaras Ejdida et El Barka, malgré la présence de l'eau dans leurs galeries, ces deux foggaras sont inexploitable à cause d'un colmatage à la sortie de la Foggara suite à l'effondrement d'une portion de la galerie. Les caractéristiques sont représentées dans le tableau.4.1.

Tableau.4.1. Caractéristiques des foggaras d'Eszaouia

Nom de Foggara	Longueur (Km)	Nombre de Puits	Débit (l/min)	Nombre Propriétaires	Observation
Ejdida	0,3	19	Écoulement	150	Non fonctionnelle
Kdima	0,45	30	10	100	Fonctionne
Nia	0,2	15	10	30	Fonctionne
Hanou	0,35	23	9	30	Fonctionne
El barka	0,1	3	Écoulement	90	Non Fonctionnelle

Il serait intéressant de procéder à l'entretien ou au curage des galeries afin de récupérer ce patrimoine hydraulique. Il est à noter que les cinq foggaras captent la nappe de l'Erg Eszaouia, qui se recharge grâce aux infiltrations des eaux des crues. Ceci peut confirmer la

croissement du débit des foggaras durant l'hiver ; la saison des pluies et des crues. Il est impossible de connaître le nombre exact de puits et par conséquent la longueur de la galerie de ces foggaras à cause des dunes de sable de l'Erg Ezzaouia qui ont envahis une grande partie de ces foggaras. Plusieurs puits sont sous l'Erg.

Comme toute foggara de la région de Tidikelt est une foggara volumétrique (Remini, 2019), les réseaux de distributions des eaux des cinq foggaras d'Ezzaouia sont beaucoup plus complexes que celle d'une foggara Horaire. Ces réseaux composés de kasriates ; seguias et des madjens individuelles. Hormis, les deux foggaras abandonnées (Ejdida, et El Barka) dont le réseau de distribution sont complètement détériorés. Cependant, les réseaux des foggaras : Kdima, Nia, et Hanou, sont restés plus ou moins intacts. A part les réseaux de la foggara Nia qui est simple, les autres réseaux des foggaras Hanou et Kdima possèdent des kasrias, et des madjens.

Aujourd'hui le réseau de distribution a subi des modifications qui ont porté atteinte à l'environnement et à l'esthétique de la foggara. Des modifications ont été opérées au niveau de la foggara Hanou ; des seguias ont été remplacées par des conduites en Pvc (Fig.4.22). Des kasrias ont été remplacées par des regards (Fig.4. 23(a et b)).



Figure.4.22. Foggara de Tafza : Remplacement des seguias par des conduites en PVC (2016)



a) Kasria dégradée



b) Regard d'évacuation d'eau

Figure. 4.23. *Foggara de Tafza : Remplacement d'une kasria par un regard d'évacuation d'eau.(2016)*

Le phénomène de l'ensablement pose d'énormes problèmes au fonctionnement des foggaras d'Ezzaouia. Un travail pénible d'entretien s'effectue périodiquement par la population locale. A chaque tempête de sable, la population se prépare pour l'entretien des galeries, des seguias et des kasriates. La saison de printemps est trop chargée pour la population, puisque le nombre des tempêtes est plus important. L'absence ou le retard d'entretien d'une foggara provoquera immédiatement l'arrêt de l'alimentation du ksar et d'irrigation de la palmeraie. La population procède au recouvrement des kasrias et des seguias par des roches plates afin de minimiser les dépôts de sable dans ces ouvrages (Fig. 4.24).



Figure. 4.24. Foggara de Tafza : Opération de recouvrement d'une kasria par des roches plates (2016)

Un autre phénomène qui pose d'énormes problèmes aux agriculteurs est l'obturation de la seguia et des kasrias par des racines d'une plante sauvage appelée localement Taghanimt (Fig.4. 25). Cette plante dont les racines peuvent atteindre une longueur de 20 mètres se développe le long de la galerie suite à l'existence de l'eau (Remini and Achour, 2013). La racine en pénétrant dans une ouverture se propage à l'intérieur de l'ouvrage. Dans un temps très court, les racines peuvent obturer facilement la section mouillée d'une seguia ou d'une kasria. Le débit diminue dans le temps jusqu'à l'arrêt totale de l'écoulement.



Figure. 4.25. Foggara Tafza : Opération de nettoyage d'une kasria des racines de la plante Taghinemt (2016)

Conclusion

Comme nous l'avons mentionné au début de ce chapitre que la foggara a joué un rôle économique important dans l'oasis d'Ezzaouia. Cependant les cinq foggaras d'Ezzaouia n'ont jamais fait l'objet d'un inventaire. Des difficultés de terrain ainsi que le manque de moyens techniques nous n'avons pas pu déterminer le nombre de puits ainsi que la longueur exacte des galeries puisque une partie de la foggara est sous l'Erg Ezzaouia. Ainsi le débit de ces foggaras augmente durant la période d'hiver, puisque la nappe qui alimente les foggaras et qui se trouve sous les dunes de sable se recharge durant la période d'hiver. Ces foggaras rencontrent divers problèmes tel que l'ensablement, l'effondrement, et le colmatage des seguias par les racines des plantes sauvages. Cependant il est indispensable que les propriétaires des foggaras et les services locaux procèdent périodiquement à l'entretien et le curage des galeries pour sauver et récupérer ce patrimoine hydraulique.

Chapitre 5

LE PARTAGE DE L'EAU DE LA FOGGARA DANS LES OASIS D'IN GHAR ET D'EZZAOUIA

Introduction

La gestion agricole de l'eau dans une Zone hyper aride est une opération indispensable. Il s'agit à la mobilisation des quotas d'eau selon la contribution du copropriétaire de la foggara dans chaque évènement sur l'ouvrage. Donc la foggara est une propriété collective. Son Eau devient un bien du groupe d'associés. Ce qui demande le partage de l'eau entre les copropriétaires. C'est à ce stade que le Kial El Ma intervient grâce à son instrument de mesure (Chegfa). Dans ce chapitre, nous traitons les scénarios de jaugeage à l'hydrométrie et la méthodologie de quantification du débit de la foggara et le partage les droits d'eau de chaque participant.

5.1. Kial El Ma

Kial El Ma en arabe veut dire celui qui mesure l'eau ou bien tout simplement le mesureur. C'est dans le milieu sec comme le désert du Sahara que l'eau prend sa valeur. Les sahariens connaissent mieux la valeur de l'eau. Alors quel rôle possède le Kial El Ma dans ces régions désertiques. Quantifier l'eau de la foggara, mesurer les parts d'eau tels sont les tâches de ce personnage trop demandé par la population Ksourienne. Il est même trop sollicité par les propriétaires des foggaras. Il détient tous les secrets des transactions de vente, d'achat des parts d'eau. On trouve un à deux Kial El Ma dans le Ksar. Il y a même des ksours qui possèdent 5 à 6 foggaras, mais sans le Kial El Ma. Kial El Ma ou bien l'homme à chegfa, ne se sépare jamais de son instrument de mesure reconnu Chegfa (Fig.5.1.). A chaque fois qu'on fait appel à lui pour une opération de jaugeage, il se déplace. Il y a que lui maîtrise sa plaque de cuivre à plusieurs trous. Dans la région d'In Ghar monsieur Guidaha Mohammed Abdelkader (Fig.5.2) est le seul Kial El Ma resté en vie. Lors d'une opération de jaugeage, considéré comme un évènement dans le ksar. Durant ce jour le Kial El Ma sa présence est obligatoire. Tout dépend du nature jaugeage est connu.



Figure. 5.1. Kial El Ma de l'oasis d'In Ghar (2016)



Figure. 5.2. Instrument de mesure les par d'eau (Chegfa)(2016)

5.2. Le Chahed (Taleb), Ou Témoin :

Le choix du Chahed (Témoin) se fait par Djamaa pour son honnêteté et son jugement. En général, c'est l'Imam de la mosquée. Il assiste à chaque opération de jaugeage des parts d'eau des propriétaires. Dans l'Oasis Ezzaouia monsieur El Taleb Sid Ahmed Bahamou fait l'objet du Chahed (Fig.5.3). Il joue le rôle de secrétaire général de la Djemâa, et à ce titre tient le registre de la foggara dit « **Zmâm** » dans lequel sont notées toutes les informations concernant la foggara, liste des copropriétaires avec leur quote-part, les transactions d'eau (Fig.5.4). En contrepartie il reçoit une part d'eau gratuite. On peut situer ces Trois principaux

ouvrages qui sont restés utilisables pour l'enregistrement toutes les informations concernant la foggara:



Figure.5.3. Un des Chahed de l'opération de partage dans l'oasis d'Eszaouia (2016)

5.2.1. El Zmâm :

Chaque Foggara creusée, un registre récapitule tous les résultats des mesures des débits ainsi que toutes les transactions des parts d'eau effectués. Tous remarques sont mentionnés dans le registre appelé Zemmam (Fig.5.4). Les propriétaires de la foggara ont le droit de l'eau à partir d'un calcul d'astronomie, de plus il appartient à une famille qu'elle le préserve seule sans que les autres familles puissent le voir ou l'utiliser.



Figure.5.4. Zemâm de la foggara Irsan (2016)



Figure.5.6. La canne de la foggara (2016)

5.3. L'hydrométrie de la foggara et les mesures des parts d'eau

Les parts d'eau de chaque copropriétaire sont déterminées, parfois avant même l'achèvement des travaux, selon un mode de calcul avec des Unités de mesure original. Le partage de l'eau se fait suivant des règles précises et strictes. Le déroulement de l'opération de mesure et de partage ce fait par un génie matheux renommé Kial El Ma. En présence d'un expert juridique et sociale qui est l'Imamm de la mosquée renommé par Hafedh El Zemam (Fig.5.7). La propriété de l'eau est acquise à celui qui participe, que ce soit par son travail ou ses deniers, a contribué à la réalisation de la foggara. Chaque individu est propriétaire d'une part d'eau proportionnelle à sa contribution. L'acquéreur d'un droit d'eau peut en faire usage, le vendre ou le louer pour une période déterminée ; il peut également en faire associer d'autres usagers.



Figure.5.7. Déroulement d'opération de mesure et partage les parts d'eau (Photo Salah Hebi,2011)

Comparé au mode d'exploitation par puits, la foggara offre l'avantage de fournir une eau en permanence par gravité, ce qui sous-entend en toute gratuité. Cinq Scénario de jaugeage peuvent avoir lieu tel que :

5.3.1. Scénario 1 : Mise en eau d'une nouvelle foggara

Une fois le creusement de la foggara est achevée et avant la mise en fonction du réseau de distribution, la quantification d'abord de la foggara devient une opération obligatoire. Un évènement particulier, tous les agriculteurs qui ont participé au creusement de la foggara assistent à l'opération de jaugeage de la foggara. Le nombre total de habba ou le débit de la foggara sont mentionnés dans le Zemmam (Registre) de Kial El Ma. Une deuxième opération de jaugeage aura lieu juste après le jaugeage de la foggara. Elle consiste à mesurer les parts d'eau des personnes qui ont contribué à la réalisation de la foggara. La part d'eau est fonction de la contribution de chaque individu. Chacun aura sa part d'eau exprimée en nombre de Habba. Toutes les valeurs sont mentionnées dans le Registre. Ce scénario se répète à chaque fois ou 'il y a un nouveau agriculteur dans une famille.

5.3.2. Scénario 2 : Entretien d'une foggara

L'entretien d'une foggara est une opération nécessaire. Dans le cas contraire, la foggara ne pourra pas jouer son rôle convenablement à savoir l'irrigation et l'alimentation en eau du ksar avec un débit suffisant. Ainsi des pénuries en eau peuvent être enregistrées au niveau de l'oasis. C'est ainsi que la Djemaa (comité des sages) a instauré un programme d'entretien et de nettoyage de la foggara d'une façon périodique. Cependant en cas d'un accident (éboulement ou glissement) survenue au niveau de la galerie ou des puits d'aération, le curage et le nettoyage de la foggara devient dans cas une urgence pour l'oasis. Après l'achèvement du projet d'entretien, une opération d'hydrométrie dirigée par El Kial El Ma devient obligatoire pour quantifier le nouveau débit de la foggara et les nouvelles parts d'eau des propriétaires.

5.3.3. Scénario 3 : Achat, vente et empreint d'une ou plusieurs parts d'eau

Il est à noter que la foggara est une bourse hydraulique. Chaque actionnaire (propriétaire) d'une foggara a le droit de vendre, d'acheté ou d'emprunter une ou plusieurs parts d'eau que ce soit au sein de la même foggara ou à partir d'une autre foggara. Chaque année on assiste à des travaux et des aménagements au niveau de la palmeraie par le creusement et la réalisation de nouvelles seguias ; synonyme d'un transfert d'eau (part d'eau) d'une foggara à un jardin.

Le Kail El Ma est présent à chaque transaction pour vérifier et quantifier le nouveau débit. Toutes les parts d'eau seront automatiquement enregistrées par Kial El Ma dans son Zemmam (Registre).

5.3.4. Scénario 4. Un soupçon sur la variation des parts d'eau

Quel que soit le motif ; un vol ou une fuite d'une quantité d'eau soupçonnée par un propriétaire au niveau de sa part, ce dernier a le droit d'appeler le Kial El Ma pour une mesure de sa part à titre de vérification. Dans ce cas, une telle opération est prise en charge par le plaignant.

5.3.5. Scénario 5 : Modification au niveau de la foggara

Pour régler le déficit en eau destiné à l'alimentation du Ksar et à l'irrigation de la palmeraie, la prolongation de la galerie principale ou le raccordement à une galerie secondaire devient une nécessité. Cette situation demande la mesure du niveau débit de la foggara et par conséquent les nouvelles parts d'eau.

Chaque opération d'hydrométrie constitue un événement particulier dans le ksar qui attire les curieux. Toute la population assiste à cette démonstration. Le Kial El Ma avec chegfa, les témoins (chehoud), l'imam avec son registre (Zemmam). Sans oublier une bonne quantité d'argile qui permet de régler le débit. Elle sert à la fermeture des ouvertures de la Chegfa. Toute lasure faite quel que soit l'évènement elle sera reportée dans le Zemmam et restera confidentielle. Le moindre détail de chaque opération de mesure est mentionné dans le Zemmam. Que ce soit avant ou après l'opération de mesure durant des jours la discussion entre la population est consacré uniquement à cet évènement qui est l'eau de la foggara. Les discussions se déroulent généralement dans la mosquée et dans la placette du ksar. Donc c'est la foggara qui génère cette cohésion entre la population du ksar.

5.4. Principe de mesure adopté dans l'oasis Ezzaouia

Le principe de mesure de débit utilisé par les oasiens Ezzaouia est basé sur la méthode volumétrique, elle est de même type utilisée dans les oasis de Touat et Gourara (Remini, 2010). Considéré comme la meilleure méthode de quantification (Remini, 2012), la méthode volumétrique est fondée sur l'unité de volume, les copropriétaires reçoivent leur part d'eau en même moment. Contrairement la méthode horaire, les copropriétaires reçoivent leur débit un après l'autre c'est à dire tour à tour, il est à noter la part de chaque participant une fonction de

sa contributions dans la réalisation, que ce soit par son travail ou ses denier, ou l'entretien, et le développement de la foggara. L'acquéreur d'un droit d'eau peut en faire usage, le vendre ou le louer pour une période déterminée ; il peut également en faire associer d'autres usagers. Comparé au mode d'exploitation par puits, la foggara offre l'avantage de fournir une eau en permanence par gravité, ce qui sous-entend en toute gratuité. Pour partager l'eau entre les agriculteurs, la mesure du débit s'impose. Pour assurer le bon déroulement des opérations de mesures, les oasisiens ont inventé un instrument de mesure du débit appelé « Chegfa » (Fig.5.8). C'est une plaque en cuivre de forme rond percée des trous de différentes dimensions qui diffère d'une oasis à une autre. La Chegfa qui a mesuré le débit de la foggara d'Irsan au niveau de Lefhal possède un diamètre de 56 cm. Elle présente 48 ouvertures de 15 mm de diamètre pour chaque trou (Fig.5.8). Chaque ouverture est appelée Habba Zrig dont les sous-multiples sont représentées ci-dessous :

- Deux tiers de habba (seize kirat) de diamètre 12 mm
- Demi de habba (douze kirat) de diamètre 10 mm
- Six kirats de diamètre 7 mm
- Quatre kirats de diamètre 6 mm
- Deux kirats de diamètre 5 mm
- Un kirat de diamètre 4 mm
- Un demi de kirat de diamètre 3 mm



Figure.5.8. Chegfa de la région In Ghar (2013)

5.5. Déroulement d'une opération de mesure du débit

L'opération de mesure des débits est un événement exceptionnel pour les ksouriens. Dans la première étape, l'opération débute par la préparation d'une quantité appréciable en argile qui sera déposée près de la kasria ; le lieu du déroulement des mesures. Dans la deuxième étape qui concerne le début de l'opération en présence de Kial El Ma, le Chahed, les personnes concernées par les mesures ainsi que les outils de mesures ; la Chegfa et les moyens d'enregistrement, El louha, la canne et le Zemmam. La troisième partie est la préparation d'un canal en argile qui relie les ouvertures de la kasria à l'entrée de la chegfa. Toute fuite est éliminée. A titre d'exemple, la mesure du débit d'une ouverture de la kasria, le canal argileux doit évacuer uniquement la quantité d'eau en provenance de l'ouverture. La quatrième étape est consacrée à la mesure du débit. Le principe de la chegfa est basé sur le principe des écoulements par orifice : $Q = Cd S_o (g h)^{1/2}$ (Fig.5.9). Chaque Chegfa possède un repère au-dessus des orifices pour marquer une hauteur fixe. Le Kial El ma en procédant à la fermeture et à l'ouverture des orifices par l'argile jusqu'à l'obtention du plan d'eau stable au point de repère. Dans ce cas, on obtient un écoulement permanent. Le kiel El ma fait le compte des orifices ouverts, chacun avec ses dimensions. A la fin kiel el ma fait la somme des habba et des sous-multiples (kirat). Donc le débit d'une foggara, ou d'une seguia est la somme des orifices déversant (Figure.5.9 et 5.10).



Figure.5.9. Utilisation de la Chegfa lors d'une opération de mesure d'un fort débit (Photo Salah Hebi, 2011)



Figure. 5.10. Utilisation de la Chegfa lors d'une opération de mesure d'un faible débit (photo Salah Hebi, 2011)

5.6. Les unités de mesures utilisées

Durant des siècles les oasiens ont adopté des mesures des débits, c'est ainsi, que la valeur de la foggara est évaluée avant sa mise en eau par une unité de mesure appelée "Habba Maaboud". C'est une valeur estimative des efforts déployés par des participants lors de la réalisation de la foggara. C'est une valeur qui ne tient pas compte du débit fourni par la foggara. Pour évaluer le débit d'eau du ksouriens utilisent Habba Z'rig comme unité principale, elle est considérée comme la quantité d'eau s'écoulant à travers une ouverture pendant 24 heures. Les dimensions de l'ouverture varient d'une région à l'autre. Dans l'oasis d'In Ghar, la section de l'ouverture et 15, les sous-multiples de Habba z'rig sont mentionnés dans le tableau.5.1.

Tableau.5.1. les sous multiples de Habba Z'rig

Fraction d'El Habba	Sous multiples		
	Nombre de Kirat	Nombre de Kirat-El-Kirat	Nombre de kirat -El-kirat-El-kirat
1/24	1	24	576
1/12	2	48	1152
1/8	3	72	1728
1/6	4	96	2304
1/4	6	144	3456
1/3	8	192	4608
1/2	12	288	6912
2/3	16	384	9216
1	24	576	13824

Dans l'enregistrement des parts de chaque copropriétaire sur la canne (lassa), il y a des symboles utilisés depuis l'apparition de la foggara et restants à ce jour utilisables (Fig.5.11) , sont regroupés dans le tableau.5.2.

Tableau.5.2. les symboles des mesures

Symbole	Lecture en habba	Nombre de habba
O	Les Centaines	100
	Les dizaines	10
•	Les Unités	1
—	Le quart	¼

Pour mieux illustrer ces symboles,

• ||| O = 131 habba

—•• ||| O || = 1132 habba et six kirats



Figure. 5.11. Les symboles des mesures sur la canne (2016)

5.7. Application

Pour bien comprendre les opérations de distribution et le calcul des partages d'eau entre les copropriétaires, nous traitons quelques exemples tirés du terrain :

5.7.1. Exemple 1

Une foggara réalisée dans la région d'In Ghar, par quatre propriétaires. La valeur de projet est estimée à 120 habba Maaboud. La foggara est mesurée à 80 habba zrig. La contribution de chaque participant a été évaluée selon les valeurs mentionnées sur le tableau.5.3.

Tableau 5.3. Contribution de chaque participant

Nom de participant	Valeur de contribution (habba maaboud)
A	39
B	37
C	23
D	21

Quelle est la part d'eau de chaque participant ?

L'objectif revient à convertir l'effort de chaque participant en volume d'eau (part d'eau).

Pour cette foggara, habba maaboud coûte 80/120 c'est-à-dire :

80 habba Zrig $\xrightarrow{\quad\quad\quad}$ 120 Habba maaboud

? $\xrightarrow{\quad\quad\quad}$ 1 Habba maaboud

D'où $1H M = 2/3 HZ = 2/3 \times 24 K = 16 k$

Les parts de chaque participant sont mentionnés dans le tableau.5.4 :

Tableau.5.4. Les parts d'eau de chaque propriétaire

Participant	Part d'eau
A	$39 \times 2/3 = 39 \times 16 = 624$ Kirat
B	$37 \times 2/3 = 37 \times 16 = 592$ kirat
C	$23 \times 2/3 = 37 \times 16 = 368$ kirat
D	$21 \times 2/3 = 37 \times 16 = 336$ kirat

On doit vérifier l'opération :

$624 K + 592K + 386K + 336K = 1920 K$

On doit convertir 1920 K en H Z :

$1920 / 24 = 80 H Z$

5.7.2. Exemple 2

Dans l'oasis Ezzaouia six propriétaires ont participé à la réalisation d'une foggara. Après la mise en eau de l'ouvrage elle est estimée à 541 habba maaboud, la valeur de la contribution de chaque propriétaire est mentionnée dans le tableau.5.5.

Tableau.5.5. la contribution de chaque participant

Participant	La valeur de contribution (habba maaboud)
1	103
2	98
3	76
4	88
5	128
6	448

Le débit de la foggara à la sortie de la galerie a été mesurée par le Kiel el ma. La chegfa a donné un débit de 352 habba zrig. Déterminer la part d'eau de chaque propriétaire ?

Correction :

1/ la part juridique de chaque propriétaire :

Dans cette étape on doit convertir la valeur de l'effort de chaque propriétaire en débit liquide (eau). C'est-à-dire le paiement s'effectué par les parts d'eau est ne pas par l'argent, ceci explique bien la sacralité de l'eau dans les oasis du Sahara. La méthode de travail s'effectué somme suit :

Conversion habba zrig en kirat : 1 h Z = 24 k

352 H Z X 24 K = 8448 k :

Donc 8448 / 541 = 15 K + 14 K + 18 KKK + 13 KKKK + 1 KKKKK

Donc H M = 15 k + 14 KK + 18 KKK

2/ la valeur de la contribution de chaque propriétaire en eau :

Tableau.5.6. la part d'eau de chaque propriétaire

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
1	103	1545 K + 1442 K + 1854 KKK
2	98	1470 K + 1372 KK + 1764 KKK
3	76	1140 K + 1064 KK + 1368 KKK
4	88	1320 K + 1232 KK + 1584 KKK
5	128	1920 K + 1792 KK + 2304 KKK
6	48	720 K + 672 KK + 864 KKK
Total	541 H M	8115 K + 7574 KK + 9738 KKK

Dans ce point on passe à la vérification des calculs.

$$9738 / 24 = 405,75 \text{ KK} = 405 \text{ KK} + 0,75 \times 24 = 405 \text{ KK} + 18 \text{ KKK}$$

$$7574 \text{ KK} + 405 \text{ KK} = 7979 \text{ KK}$$

$$7979 \text{ KK} / 24 = 332,458 \text{ K} = 332 \text{ k} + 0,458 \times 24 = 332 \text{ K} + 11 \text{ KK}$$

$$8115 \text{ K} + 332 \text{ K} = 8447 \text{ K}$$

$$8447 / 24 = 351,958 \text{ H Z} = 351 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 = 892 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

Alors on aura

$$351 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 11 \text{ KK} + 18 \text{ KKK}$$

Donc le calcul est vérifié : $352 \text{ H Z} \approx 351 \text{ H Z} + 23 \text{ K} + 11 \text{ KK} + 18 \text{ KKK}$

5.7.3. Exemple 3

Dans l'oasis Ezzaouia une foggara a été réalisée par onze personnes. Une fois finalisé le projet a été évalué 1817 habba maaboud. On procède à l'hydrométrie de la foggara, le Kiel el ma avec sa chegfa mentionne dans le Zmâm un débit total de la foggara égale à 893 Habba zrig. Après avoir évalué l'effort de chaque participant (tableau.5.7) , quelle est la part d'eau de chaque copropriétaire ?

Tableau.5.7. la contribution de chaque participant

Participant	Habba maaboud
1	260
2	183
3	167
4	191
5	103
6	172
7	207
8	192
9	84
10	169
11	89

Dans cette étape on doit convertir la valeur de la contribution de chaque participant en quantité d'eau. Pour cela, on cherche la valeur de l'unité habba maaboud en débit d'eau, on l'appelle la part juridique.

$$1 \text{ H M} = \frac{893}{1817}$$

$$1 \text{ H M} = 11 \text{ K} + 19 \text{ KK} + 2 \text{ KKK}$$

Dans la deuxième étape on détermine la part d'eau de chaque participant, laquelle est en relation directe avec les efforts concentrés dans la réalisation de l'ouvrage. Les calculs effectués sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.8. La part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
1	260	2860 K+ 4940 KK + 520 KKK
2	183	2013 K +3477 KK + 366 KKK
3	167	1837 K + 3173 KK + 334KKK
4	191	2101 K + 3629 KK + 382 KKK
5	103	1133 K + 1957 KK +206 KKK
6	172	1892 K + 3268 KK + 344 KKK
7	207	2277 K + 3933 KK + 414 KKK
8	192	2112 K + 3648 KK + 384 KKK
9	84	924 K + 1596 KK + 168 KKK
10	169	1859 K + 3211 KK + 338 KKK
11	89	979 K + 1691 KK + 178 KKK
Total	1817	19987 K + 34523 KK + 3634 KKK

Troisième étape

Dans cette étape on passe à la vérification des calculs.

$$3634 / 24 = 151, 416 \text{ KK} = 151 \text{ KK} + 0,416 \times 24 = 151 \text{ KK} + 10 \text{ KKK}$$

$$34523 \text{ KK} + 151 \text{ KK} = 34674 \text{ KK}$$

$$34674 \text{ KK} / 24 = 1444,75 \text{ K} = 1444 \text{ k} + 0,75 \times 24 = 1444 \text{ K} + 18 \text{ KK}$$

$$19987 \text{ K} + 1444 \text{ K} = 21431 \text{ K}$$

$$21431 / 24 = 892, 958 \text{ H Z} = 892 \text{ HZ} + 0, 958 \times 24 = 892 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

Alors on aura : 892+ 23 K + 18 KK + 10 KKK

5.7.4. Exemple 4

Sept personnes sont associées dans la réalisation d'une foggara dans l'oasis Ezzaouia. Une fois achevé, le projet a été estimé 913 habba maaboud. Le mesure du débit effectué par le kiel el ma à l'entrée de la kasria principale ont donné un débit réel de la foggara à 652 habba zrig. La contribution dans le projet de chaque participant a été évaluée suivant le tableau.5.9.

Tableau.5.9.la contribution de chaque associé

Participant	La contribution (habba maaboud)
1	202
2	183
3	171
4	154
5	112
6	52
7	39

Déterminer le débit de chaque participant ?

Correction :

Dans la première étape, on doit évaluer la valeur du projet "foggara" en quantité d'eau, on parle sur la part juridique. On détermine la valeur de l'unité de habba maaboud

$$1 \text{ H M} = \frac{652}{913} = \text{HZ}$$

$$1 \text{ H M} = 17 \text{ K} + 3\text{KK} + 8 \text{ KKK}$$

Dans la deuxième partie on détermine la part d'eau de chaque participant. On se base sur la contribution dans le projet de chaque élément. Les calculs effectués sont résumés dans le tableau.5.10:

Tableau.5.10.La part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
1	202	3434 K + 606 KK + 1616 KKK
2	183	3111 K + 549 KK + 1464 KKK
3	171	2907 K + 513 KK + 1368 KKK
4	154	2618 K + 462 KK + 1232 KKK
5	112	1904 K + 336 KK + 896 KKK
6	52	884 K + 156 KK + 416 KKK
7	39	663 K + 117 KK + 312 KKK
Total	913	15521 K + 2739 KK + 7304 KKK

Une fois le calcul des parts d'eau est finalisée on passe à la vérification des calculs :

$$7304/ 24 = 304,33 \text{ KK} = 304 \text{ KK} + 0,33 \times 24 = 304 \text{ KK} + 8 \text{ KKK}$$

$$304 \text{ KK} + 2739 \text{ KK} = 3043 \text{ KK}$$

$$3043 / 24 = 126, 791 \text{ K} = 126 \text{ K} + 0,791 \times 24 = 126 \text{ K} + 19 \text{ KK}$$

$$126 \text{ K} + 15521 \text{ K} = 15647 \text{ K}$$

$$15647 / 24 = 651,958 \text{ HZ} = 651 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 = 651 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

Donc le total égale à : 651 HZ + 23 K + 19 KK + 8 KKK

Le calcul des parts d'eau est vérifié.

5.7.5. Exemple 5

Dans l'oasis Ezzaouia, le cout d'une foggara a été évalué à 728 habba maaboud. La foggara est le bien de cinq associés. Le débit mesuré à la sortie de la galerie par le Kiel el Ma est égale à 473 habba Zrig. Quelle est la part d'eau de chaque associé pour l'irrigation de son jardin. Il est à signalé que la djemaa a évalué la contribution de chaque associé dans le projet. Les valeurs de chaque contribution sont mentionnées dans le tableau.5.11 :

Tableau.5.11. la contribution de chaque associé

Associé	Habba maaboud
1	212
2	173
3	89
4	105
5	149

Correction :

Partant de l'évaluation du projet (728 habba maaboud) le coût du projet estimé en quantité d'eau est :

$$1 \text{ HM} = \frac{473}{728} = \text{HZ}$$

$$1 \text{ HM} = 15 \text{ K} + 14 \text{ KK} + 5 \text{ KKK}$$

Les valeurs des parts d'eau des associés sont énumérées dans le tableau.5.12.

Tableau.5.12. la part d'eau

Associé	Habba maaboud	Part d'eau
1	212	3180 K + 2968 KK + 1060 KKK
2	173	2595 K + 2422 KK + 865 KKK
3	89	1335 K + 1246 KK + 445 KKK
4	105	1575 K + 1470 KK + 525 KKK
5	149	2235 K + 2086 KK + 745 KKK
Total	728	10920 K + 10192 KK + 3640 KKK

A la fin on passe à la vérification des calculs des parts d'eau.

$$3640 / 24 = 151,666 \text{ KK} = 151 \text{ KK} + 0,666 \times 24 \text{ KKK} + 151 \text{ KK} + 16 \text{ KKK}$$

$$151 \text{ KK} + 10192 \text{ KK} = 10343 \text{ KK}$$

$$10343 / 24 = 430,958 \text{ K} = 430 \text{ k} + 0,958 \times 24 \text{ KK} = 430 \text{ K} + 23 \text{ KK}$$

$$430 \text{ K} + 10920 \text{ K} = 11350 \text{ K}$$

$$11350 / 24 = 472,916 \text{ HZ} = 472 \text{ HZ} + 0,916 \times 24 \text{ K} = 472 \text{ HZ} + 22 \text{ K}$$

Donc le total est égal à 472 HZ + 22 K + 23 KK + 16 KKK

Le calcul est vérifié, les associés en présence de Kiel el ma peuvent procéder à l'irrigation de leur jardin en fonction du débit octroyé par le mesureur.

5.7.6. Exemple 6

Dans une oasis Ezzaouia cinq copropriétaires ont participé à la réalisation d'une foggara, le projet a été évalué à 745 habba maaboud. L'estimation de la contribution de chaque participant dans la concrétisation du projet mentionné dans le tableau.5.13.

Tableau.5.13. la contribution de chaque copropriétaire

Participant	Habba maaboud
1	212
2	187
3	143
4	108
5	95
Total	745

Après la première mesure du débit de la foggara par la chegfa, le Kiel el ma a mentionné dans son Zemmam la valeur de 632 habba Zrig

1/ peut on connaître la part d'eau de chaque participant ?

Après un demi-siècle d'exploitation, trois nouveaux participants ont renforcé la foggara par l'ajout d'un kraa, le débit a augmenté de 80 habba Zrig. Dans ce cas le nombre d'actionnaire dans la foggara est de 8. Quelle est la part d'eau de chaque participant ?

Correction :

La part d'eau de chaque participant au projet initial.

On doit convertir la valeur de l'effort de chaque actionnaire à une part d'eau, dans ce cas l'unité de l'effort (1 H M)

$$1 \text{ H M} = \frac{632}{745}$$

$$1 \text{ HM} = 20 \text{ K} + 8 \text{ KK} + 15 \text{ KKK}$$

A Partir de là on détermine la part réel de chaque participant. Les résultats sont mentionnés dans le tableau.5.14.

Tableau.5.14. la part d'eau de chaque copropriétaire

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
		1 HM = 20 K+ 8 KK + 15KKK
1	212	4240 K+ 1696 KK + 3180 KKK
2	187	3740 K + 1496 KK + 2145 KKK
3	143	2860 K + 1144 KK + 2145 KKK
4	108	2160 K + 864 KK + 1620 KKK
5	95	1900 K + 760 KK + 1425 KKK
TOTAL	745	14900 K 5960 KK + 11175 KKK

La vérification des calculs donne les résultats suivants.

On partant de la dernière valeur du total des parts d'eau et plus particulièrement de plus petite de sous multiples c'est-à-dire le KKK

$$11175 / 24 = 465,625 \text{ KK} = 465 \text{ KK} + 0,625 \times 24 \text{ KKK} = 465 \text{ KK} + 15 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 465 \text{ KK} + 5960 \text{ KK} = 6425 \text{ KK}$$

$$6425 \text{ KK} / 24 = 267,708 \text{ K} = 267 \text{ k} + 0,708 \times 24 \text{ kk} = 267 \text{ K} + 17 \text{ KK}$$

$$\text{D'ou } 14900 \text{ K} + 267 \text{ K} = 15167 \text{ K}$$

$$15167 \text{ K} / 24 = 631,958 \text{ HZ} = 631 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 631 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

$$\text{Au le total } / 631 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 17 \text{ KK} + 15 \text{ KKK} = 632 \text{ HZ}$$

2^{eme} Question

Pour trouver le nombre de habba Zrig de chaque participant au nouveau projet on doit suivre les étapes suivantes :

- on divise le supplément (80 HZ) obtenue
- $80 \text{ HZ} / 2 = 40 \text{ HZ}$

50 pour cent de supplément sera attribué à l'ancienne équipe. 50 pour cent du supplément sera affecté aux nouveaux participants (3 participant). Les 50% du supplément, soit 40 habba zrig sera attribués aux premières actionnaires (5 participants) de la foggara mère. Cette part d'eau appelée localement " la part de route". Elle explique la valeur des actions des nouveaux participants dans le projet foggara. Ce débit (40 habba Zrig) remplace la valeur de la contribution à la réalisation de la foggara mère par les nouveaux copropriétaires. On peut dire que les nouveaux participants ont acheté leurs parts de contribution (habba maaboud) par un débit d'eau (habba Zrig). Cette part d'eau (40 habba Zrig) sera partagé équitablement entre les 5 copropriétaires chacun aura 8 habba Zrig, soit 192 k. Les valeurs des contributions des cinq participants sont mentionnées dans le tableau.5.15.

Tableau.5.15. la nouvelle part d'eau de chaque copropriétaire

Participant	Nouvelle part d'eau
1	4432 K + 1696 KK + 3180 KKK
2	3932K + 1496 KK + 2805 KKK
3	3053 K + 1144 KK + 2145 KKK
4	2352 K + 864 KK + 1620 KKK
5	2092 K + 760 KK + 1425 KKK
Total	15860 K + 5960 KK + 11175 KKK

On doit vérifier les calculs

$$11175 / 24 = 465,625 \text{ KK} = 465 \text{ KK} + 0,625 \times 24 \text{ KKK} = 465 \text{ KK} + 15 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 465 \text{ KK} + 5960 \text{ KK} = 6425 \text{ KK}$$

$$6425 \text{ KK} / 24 = 267,708 \text{ K} = 267 \text{ k} + 0,708 \times 24 \text{ kk} = 267 \text{ K} + 17 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 15860 \text{ K} + 267 \text{ K} = 16127 \text{ K}$$

$$16127 \text{ K} / 24 = 671,958 \text{ HZ} = 671 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 671 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

$$\text{Au le total } / 671 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 17 \text{ KK} + 15 \text{ KKK}$$

A prés vérification nombre de habba zrig de la foggara = 632 Hz + 40 Hz

$$\text{Débit de la foggara avec kraa} = 672 \text{ Hz} \approx 671 \text{ Hz} + 23 \text{ K} + 17 \text{ KK} = 15 \text{ KKK}$$

2' – si on suppose que la part des trois nouveaux participants est la même, c'est-à-dire chacun a contribué avec le même effort dans ce cas 40 Hz qui représente la part d'eau des trois participants sera divisée par 3. D'où $40/3 = 13,33 \text{ Hz} = 13 \text{ Hz} + 0,33 \times 24 \text{ K}$

Tableau5.16. la part d'eau chaque participant contribué ou l'ajout d'un kraa

Participant	Valeur en habba zrig
6	13 Hz + 8 K
7	13 Hz + 8 K
8	13 Hz + 8 K
Total	39 Hz + 24 K

$$\text{Vérification } 39 \text{ Hz} + 24 \text{ K} = 40 \text{ Hz}$$

Si on suppose que le projet d'annexe (Kraa) a été évalué après finalisation à 100 Habba maaboud. Les valeurs de l'effort de chaque participant sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau.5.17. l'effort de chaque participant en projet annexe

Participant	Habba maaboud
6	20
7	30
8	50
Total	100

$$\text{L'unité de habba maaboud est égale : } \frac{40}{100} = 0,4 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ HM} = 0,4 \text{ Hz} = 0,4 \times 24 = 9 \text{ K} + 14 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$$

$$1 \text{ HM} = 9 \text{ K} + 14 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$$

La part en Hz de chaque propriétaire sera regroupée dans le tableau ci-dessous

Tableau.5.18. la part d'eau de chaque participant en projet annexe

Participant	Habba maaboud	Part d'eau de chaque participant
6	20	180 K + 280 KK + 180 KKK
7	30	270 K + 420 KK + 270 KKK
8	50	450 K + 700 KK + 450 KKK
Total	100	900 K +1400 KK + 900 KKK

Vérification

$$900 /24= 37,5 \text{ KK} = 37 \text{ KK} + 0,5 \times 24 \text{ KKK} = 37 \text{ KK} + 12 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 37 \text{ KK} + 1400 \text{ KK} = 1437 \text{ KK}$$

$$1437 \text{ KK} /24 = 59,875 \text{ K} = 59 \text{ k} + 0,875 \times 24 \text{ kk} = 59 \text{ K} + 21 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 900 \text{ K} + 59 \text{ K} = 959 \text{ K}$$

$$959 \text{ K} /24 = 39,958 \text{ HZ} = 39 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 39 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

$$\text{Au le total : } 39 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 21 \text{ KK} + 12 \text{ KKK} \approx 40 \text{ Hz.}$$

Le tableau final regroupant les parts d'eau de l'ensemble des participants :

Tableau.5.19. la part d'eau de l'ensemble de participant

Participant	Part d'eau de l'ensemble de participants
1	4432 K + 1696 KK + 3180 KKK
2	3932K + 1496 KK + 2805 KKK
3	3053 K + 1144 KK + 2145 KKK
4	2352 K + 864 KK + 1620 KKK
5	2092 K + 760 KK + 1425 KKK
6	180 K + 280 KK + 180 KKK
7	270 K + 420 KK + 270 KKK
8	450 K + 700 KK + 450 KKK
Total	16760 K + 7360 KK + 12075 KKK

5.7.7. Exemple 7

Dans l'oasis Ezzaouia, une foggara fonctionne avec un débit total de 432 Habba Zrig. Évalué à 617 habba maaboud, la foggara appartient à sept copropriétaires, dont les actions sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau.5.20. le nombre de habba maaboud de chaque copropriétaire

Participant	Habba maaboud
1	122
2	98
3	73
4	102
5	86
6	59
7	77
Total	617

1- Quelle est la part de chaque participant ?

Après plusieurs années d'exploitations, le débit de la foggara diminué. Et devient insuffisant à l'irrigation des jardins. Cette situation a nécessité une opération d'entretien de la galerie et les puits. Les sept actionnaires ont participé à ce travail, après la finalisation de l'opération d'entretien, le Kiel el ma procédé à la mesure du débit de la foggara, la valeur inscrite dans le Zemmam est 551 Habba Zrig.

2- Quelle est la nouvelle part de chaque participant ?

Correction :

1/la part de chaque participant

On doit d'abord connaître la valeur de habba maaboud, le prix du projet de la réalisation de la foggara a été estimé à 617 habba maaboud. Le débit réel (mesuré) de la foggara est 432 habba Zrig. On cherche l'unité de la valeur du projet en débit d'eau (quantité) d'eau.

Dans ce cas : $617 \text{ HM} \longrightarrow 432 \text{ Hz}$
 $1 \text{ HM} \longrightarrow ? \text{ Hz}$

$$1 \text{ HM} = \frac{432}{617}$$

$$432 / 617 = 0,7001 \text{ Hz} = 0,7001 \times 24 = 16,803 \text{ k}$$

$$16,803 \text{ k} = 16 \text{ k} + 0,$$

$$1 \text{ HM} = 16 \text{ K} + 19 \text{ KK} + 7 \text{ KKK}$$

On détermine la part de la contribution à la réalisation du projet de chaque copropriétaire (tableau.5.21.).

Tableau.5.21. la part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
1	122	1952 K + 2318 KK + 854 KKK
2	98	1568 K + 1862 KK + 686 KKK
3	73	1168 K + 1387 KK + 511 KKK
4	102	1632 K + 1938 KK + 714 KKK
5	86	1376 K + 1634 KK + 602 KKK
6	59	944 K + 1121 KK + 413 KKK
7	77	1232 K + 1463 KK + 539 KKK
Total	617	9872 K + 11723 KK + 4319 KKK

Une fois la part d'eau de chaque participant est déterminée on passe à la vérification des calculs

Vérification

$$4319 / 24 = 179,958 \text{ KK} = 179 \text{ KK} + 0,958 \times 24 \text{ KKK} = 179 \text{ KK} + 23 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 179 \text{ KK} + 11723 \text{ KK} = 11902 \text{ KK}$$

$$11902 \text{ KK} / 24 = 495,916 \text{ K} = 495 \text{ k} + 0,916 \times 24 \text{ KK} = 495 \text{ K} + 22 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 9872 \text{ K} + 495 \text{ K} = 10367 \text{ K}$$

$$10367 \text{ K} / 24 = 431,958 \text{ HZ} = 431 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 431 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

Au le total : $431 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 22 \text{ KK} + 23 \text{ KKK} \approx 432 \text{ Hz}$.

2/ Les nouvelles parts des propriétaires après l'opération d'entretien

Pour ce type d'opération, on calcule le surplus du débit obtenue après l'entretien

$$Q_s = Q_{\text{ent}} - Q_{\text{initial}} = 551 - 432 = 119 \text{ Hz}$$

Selon les critères locaux, le surplus sera partagé équitablement entre les propriétaires. Dans ce cas chaque participant aura $119 / 7 = 17 \text{ Hz}$. On doit convertir en K

C'est-à-dire $17 \text{ Hz} \times 24 = 408 \text{ K}$.

Finalement chaque participant aura sa part d'eau comme l'indique dans le tableau suivant :

Tableau.5.22. la nouvelle part d'eau des propriétaires après l'opération d'entretien

Participant	Part d'eau
1	2360 K + 2318 KK + 854 KKK
2	1976 K + 1862 KK + 686 KKK
3	1576 K + 1387 KK + 511 KKK
4	2040 K + 1938 KK + 714 KKK
5	1784 K + 1634 KK + 602 KKK
6	1352 K + 1121 KK + 413 KKK
7	1640 K + 1463 KK + 539 KKK
Total	12728 K + 1463 KK + 4319 KKK

La vérification des calculs finaux une opération indispensable pour le Kiel el ma, en présence du Hassab et hafadh Zemmam (Imam).

5.7.8. Exemple 8

Dans la région d'In Ghar, trois personnes ont réalisés ensemble une foggara qui exploite un débit de 332 habba Zrig, le prix de l'ouvrage est estimé à 350 habba maaboud. La valeur de la contribution au projet de chaque participant est mentionnée dans le tableau.5.23.

Tableau.5.23. l'effort de chaque participant en habba maaboud

Participant	Habba maaboud
1	125
2	130
3	95
Total	350

1/ Quelle est la part d'eau de chaque participant ?

Après quelque année le participant A est décédé. Il a laissé une famille composée d'une femme, deux garçons et une fille. Quelle est la part de chaque membre de la famille (héritage).

Correction :

1/ la part d'eau des trois participants

La part d'eau est liée avec la contribution à la réalisation de la foggara de chaque participant.

A cet effet, on détermine d'abord l'unité (Habba maaboud). Du prix de l'ouvrage en fonction sous forme d'une valeur en quantité d'eau.

$$350 \text{ HM} \longrightarrow 332 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ HM} \longrightarrow ? \text{ Hz}$$

$$332/350 = 0,9485 \text{ Hz} = 22,7657 \text{ K}$$

$$22,7657 \text{ K} = 22 \text{ K} + 0,7657 \times 24 \text{ KK} = 22 \text{ K} + 18,3771 \text{ KK}$$

$$18,3771 \text{ KK} = 18 \text{ KK} + 0,3771 \times 24 \text{ KKK} = 18 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$$

Donc: $1 \text{ HM} = 22 \text{ K} + 18 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$

La part de chaque participant est représentée dans le tableau.5.24.

Tableau.5.24. part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
		1 HM = 22 K + 18 KK + 9 KKK
1	125	2750 K + 2250 KK + 1125 KKK
2	130	2860 K + 2340 KK + 1170 KKK
3	95	2090 K + 1710 KK + 855 KKK
Total	350	7700 K + 6300 KK + 3150 KKK

Vérification du calcul

$$3150 / 24 = 131,25 \text{ KK} = 131 \text{ KK} + 0,25 \times 24 \text{ KKK} = 131 \text{ KK} + 6 \text{ KKK}$$

Donc $131 \text{ KK} + 6300 \text{ KK} = 6431 \text{ KK}$

$$6431 \text{ KK} / 24 = 267,958 \text{ K} = 267 \text{ K} + 0,958 \times 24 \text{ KK} = 267 \text{ K} + 23 \text{ KK}$$

D'où $267 \text{ K} + 7700 \text{ K} = 7967 \text{ K}$

$$7967 \text{ K} / 24 = 331,958 \text{ HZ} = 331 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 331 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

Au total : $331 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 23 \text{ KK} + 6 \text{ KKK} \approx 332 \text{ Hz}$.

2/ La part de chaque membre de famille A :

Pour ce type d'opération la population locale procède le partage de l'eau entre les membres de la famille selon les lois coraniques. Pour cela la femme a le droit à 1/8 de la part du mari. Il reste 7/8 de la part de la participant A pour les enfants. Les trois enfants ont une part de 7/8 de la part d'eau du participant A. selon les lois islamiques le garçon a le droit de deux part d'eau d'une fille. Si on désigne la part d'eau de la fille par X et la part d'eau du garçon par Y dans ce cas on peut écrire que la part du garçon est $Y = 2X$. Les enfants au nombre, de deux

garçons et une fille ont le droit à $5X = 7/8$ c'est-à-dire la fille reçoit $X = 7/40$ de la part d'eau du mari.

Les calculs des parts d'eau de chaque membre de famille sont représentés comme suite : La part de la femme est de $1/8$ de son mari et le reste à ses enfants c'est-à-dire :

La femme reçoit $125 \times 1/8 = 15,625$ HM

La fille reçoit $125 \times 7/40 = 21,875$ HM

On a: $1 \text{ HM} = 22 \text{ K} + 18 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$

Donc la femme reçoit $15,625 \times (22 \text{ K} + 18 \text{ KK} + 9 \text{ KKK})$

Est égale à : $343,75 \text{ K} + 281,25 \text{ KK} + 140,625 \text{ KKK}$

$0,75 \text{ K} \times 24 = 18 \text{ KK}$,

$0,25 \text{ KK} \times 24 = 6 \text{ KKK}$,

$0,625 \text{ KKK} \times 24 = 15 \text{ KKKK}$

Donc la femme reçoit: $343 \text{ K} + 299 \text{ KK} + 146 \text{ KKK} + 15 \text{ KKKK}$

Et la fille reçoit: $21,875 \text{ HM} \times (22 \text{ K} + 18 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}) = 481,25 \text{ K} + 393,75 \text{ KK} + 196,875 \text{ KKK}$

$0,25 \text{ K} \times 24 = 6 \text{ KK}$

$0,75 \text{ KK} \times 24 = 18 \text{ KKK}$

$0,875 \text{ KKK} \times 24 = 21 \text{ KKKK}$

Donc la fille reçoit: $481 \text{ K} + 399 \text{ KK} + 214 \text{ KKK} + 21 \text{ KKKK}$

Alors chaque fils reçoit deux fois la part de la fille c'est-à-dire

La part du fils est : $962 \text{ K} + 798 \text{ KK} + 428 \text{ KKK} + 42 \text{ KKKK}$

Le tableau suivant récapitule la part de chaque membre de famille.

Tableau 5.25. la part d'eau de chaque membre de famille- exemple N°8-

Membre de famille	La part d'eau
La femme	$343 \text{ K} + 299 \text{ KK} + 146 \text{ KKK} + 15 \text{ KKKK}$
La fille	$481 \text{ K} + 399 \text{ KK} + 214 \text{ KKK} + 21 \text{ KKKK}$
Le premier garçon	$962 \text{ K} + 798 \text{ KK} + 428 \text{ KKK} + 42 \text{ KKKK}$
Le deuxième garçon	$962 \text{ K} + 798 \text{ KK} + 428 \text{ KKK} + 42 \text{ KKKK}$
La somme	$2748 \text{ K} + 2294 \text{ KK} + 1216 \text{ KKK} + 120 \text{ KKKK}$

Vérification du calcul

$120 \text{ KKKK} / 24 = 5 \text{ KKKK}$

Donc $5 \text{ KKKK} + 1216 \text{ KKK} = 1221 \text{ KKK}$

Au total : $2748 \text{ K} + 2294 \text{ KK} + 1221 \text{ KKK} \approx 2750 \text{ K} + 2250 \text{ KK} + 1125 \text{ KKK}$

5.7.9. Exemple 9 :

Une fille a héritée après la mort de son père (Felah) propriétaire d'une foggara, une part d'eau de **144 Habba Zrig**. Elle a épousé un homme de sa région. Après quelques années, l'épouse est décédée. Elle a laissé son mari, sa mère, un fils et une fille.

1- Quelle est la part d'eau de chaque héritier ?

L'eau devient un bien individuel. Chaque héritier reçoit son part d'eau selon les lois Islamique. Le droit d'eau acceptable pour les transactions sans restriction. Le fils acheté deux tiers du droit de sa sœur.

2- Quelle est la nouvelle part de chaque membre de famille ?

Correction

1- la part d'eau de chaque héritier

Le Coran est très précis sur les différents bénéficiaires de l'héritage du défunt, ainsi il suffit à lui seul pour établir le droit de successions, sans même faire référence à la Sunna. Les versets traitant de cette question se trouvent dans la sourate An-Nisa ou « Les Femmes » en français. Le mari a le droit à 1/4, la mère à 1/6 et les restants sont partagés entre le fils et la fille. Le fils ayant droit au double de sa sœur. Le Coran fixe précisément les personnes qui sont susceptibles d'hériter avec une opération de partage sous une base de 36.

Le résultat du calculs les part de chaque héritent sont mentionner dans le tableau ci-dessous.

Tableau.5.26. la part d'eau de chaque héritent

Héritent	La part de chaque héritier	La valeur de la succession en Habba Zrig
Le mari	9/36	36
La mère	6/36	24
Le fils	14/36	56
La fille	7/36	28
Total	36/36	144

Le calcul est vérifier, les associés en présence de Kiel el ma et l'Imam pour procédé l'enregistrement sur le Zemmam les nouvelles propriétaires de la foggara.

2- la nouvelle part de chaque membre de famille

Le Kiel el ma procédé à la mesure du débit de la foggara au niveau du la kasria qui partage les parts d'eau entre les membres de la famille. Le débit mesuré est 56 Habba Zrig pour le fils et 28 Habba Zrig pour la fille, conforme à celui la valeur inscrite dans le Zemmam. L'Imam et Chehoud sont présentés pour l'opération de transaction entre le fils et la fille. La fille vendue K deux tiers de sa part le calcul des parts d'eau sera comme suite :

$28 / 3 = 9,333$ Habba Zrig . C'est-à-dire 9 Habba Zrig et $0,333 \times 24 = 8$ K

Donc la fille vendue un part d'eau est égale deux tiers : 2 X (9 Habba Zrig et 8 K). Et reste un tiers : 9 Habba Zrig et 8 K. Les valeurs des nouvelles parts d'eau de chaque membre de famille sont mentionnées dans le tableau.5.27.

Tableau.5.27. la nouvelle part d'eau de chaque membre de famille

Héritent	L'ancien a valeur de la succession en Habba Zrig	La nouvelle valeur de la succession en Habba Zrig et Kirat
Le mari	36	36
La mère	24	24
Le fils	56	74 Habba Zrig + 16 Kirat
La fille	28	9 Habba Zrig + 8 Kirat
Total	144	143 Habba Zrig et 24 Kirat = 144 Habba Zrig

Après la finalisation de mesure les nouvelles parts d'eau de chaque membre de famille. Le Kiel El Ma a procédé une opération de partage avec nouvelle kasria.

5.7.10. Exemple 10 :

En Islam, une personne peut accéder à une succession soit par voie d'héritage, soit par voie de donation (ou legs ou testaments). Si une personne y accédé par la première voie, elle sera dite « héritière » ; mais si l'accès est fait selon la seconde voie, il s'agira plutôt « d'un bénéficiaire de donation ». Les donations sont soumises à des conditions portant à la fois sur les personnes susceptibles de recevoir un legs et la portion à léguer. Ainsi, une donation ne peut pas être attribuée à un hériter et ne doit pas dépasser le $\frac{1}{3}$ de l'héritage. Toutefois, si la donation excédé le $\frac{1}{3}$ de l'héritage, les héritiers sont libres d'accepter ou de rejeter l'excès. Dans cet exercice on va traiter un exemple d'un bénéficiaire de donation.

Après une contribution entre trois personnes voisines pour un creusement d'une foggara suite un agrandissement de la palmeraie. Deux participants sont décidés de creuser par propre moyens. La troisième est décidé de participé dans l'opération de creusement par donner un employeur (celui qui le remplacer au coure de creusement). Ou bien participer dans les différent frais demandé. Après la mise en eau de l'ouvrage, elle est estimée à 382 habba maaboud, la valeur de la contribution de chaque propriétaire est mentionnée dans le tableau.5.28.

Tableau.5.28. la contribution de chaque participant

Participant	La valeur de contribution (habba maaboud)
1	153
2	121
3	108
Total	382

Le débit de la foggara à la sortie de la galerie a été mesurée par le Kiel el ma. La chegfa a donné un débit de 942 habba zrig. Déterminer la part d'eau de chaque participant ?

Après la surprise du débit élevé de la foggara dans un court délai de creusement, le troisième propriétaire a décidé de donner un quart (1 /4) de sa part à monsieur l'employeur et il a laissé de construire une palmeraie a côté de lui. Déterminer le nouveau débit de chaque propriétaire ?

Correction :

1- la part de chaque participant

On doit d'abord connaître la valeur de habba maaboud, le prix du projet de la réalisation de la foggara a été estimé à 337 habba maaboud. Le débit réel (mesuré) de la foggara est 952 habba Zrig. On cherche l'unité de la valeur du projet en débit d'eau (quantité) d'eau.

Dans ce cas : 382 HM \longrightarrow 942 Hz

1 HM \longrightarrow ?

$$1 \text{ HM} = \frac{942}{382}$$

$$942/382 = 2,466 \text{ Hz} = 2 \text{ Hz} + 0,466 \times 24\text{K}$$

$$1 \text{ HM} = 11,183 \text{ k} = 2 \text{ Hz} + 11 \text{ K} + 0,183 \times 24 \text{ KK} = 2\text{Hz} + 11\text{K} + 4,398 \text{ KK}$$

$$1 \text{ HM} = 2 \text{ Hz} + 11 \text{ K} + 4 \text{ KK} + 0,398 \times 24 \text{ KKK}$$

$$1 \text{ HM} = 2 \text{ Hz} + 11 \text{ K} + 4 \text{ KK} + 9 \text{ KKK}$$

On détermine la part de la contribution à la réalisation du projet de chaque copropriétaire (tableau.5.29.).

Tableau.5.29. la part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
		1 HM = 2 Hz + 11 K + 4 KK + 9 KKK
1	153	306 Hz + 1952 K + 2318 KK + 854 KKK
2	121	242 Hz + 1331K + 484 KK + 1089 KKK
3	108	216 Hz + 1188 K + 432 KK + 972 KKK
Total	382	764 Hz + 4202 K + 1528 KK + 3438 KKK

2- le nouveau débit de chaque propriétaire

Pour ce type d'opération, on calcule La part du troisième participant N°03:

La part du participant N°03 est : 216 Hz + 1188 K + 432 KK + 972 KKK

L'employeur reçoit un quart de la part est (216 Hz + 1188 K + 432 KK + 972 KKK) X 0,25

Don la part du Quatrième propriétaire est : 54 Hz + 297 K + 108 KK + 243 KKK

Le nouveau part d'eau du propriétaire N° 03 est : 162 Hz + 891 K + 324 KK + 729 KKK

Tableau.5.30. le nouveau débit de chaque propriétaire

Propriétaire	Part d'eau
1	306 Hz +1952 K + 2318 KK + 854 KKK
2	242 Hz +1331K+ 484 KK +1089 KKK
3	162 Hz + 891 K + 324 KK + 729 KKK
4	54 Hz + 297 K + 108 KK + 243 KKK
Total	764 Hz + 4202 K + 1528 KK + 3438 KKK

Une fois la part d'eau de chaque propriétaire est déterminée on passe à la vérification des calculs

Vérification

$$3438 /24= 143,25 \text{ KK} = 143 \text{ KK} + 0,25 \times 24 \text{ KKK} = 143 \text{ KK} + 6 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 143 \text{ KK} + 1528 \text{ KK} = 1671 \text{ KK}$$

$$1671 \text{ KK}/24 = 69,625 \text{ K} = 69 \text{ k} + 0,625 \times 24 \text{ KK} = 69 \text{ K} + 15 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 4202 \text{ K} + 69 \text{ K} = 4271 \text{ K}$$

$$4271 \text{ K} /24 = 117,958 \text{ HZ} = 117 \text{ HZ} + 0,958 \times 24 \text{ K} = 177 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

$$764 \text{ Hz} + 117 \text{ Hz} = 941 \text{ Hz}$$

$$\text{Au le total : } 941 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 15 \text{ KK} + 6 \text{ KKK} \approx 942 \text{ Hz.}$$

5.7.11. Exemple 11:

Dans l'Oasis Ezzaouia, les ksouriens sont organisés une grande opération d'exploitation la matière grise pour l'évolution agricole. L'eau est un élément important du succès de cet évènement agricole. La propriété de l'eau avant la propriété du sol. Trois groupe des ksouriens sont procédés à creuser trois foggara en parallèles. L'Imam et le Djemâa sont donner une instruction de laisser une distance de 40 Kama entre deux foggara Adjacentes, qui est équivalent à 80 m. Un oasisien est participé dans les trois projets à la fois. Il a lui-même participé au creusement de la première foggara. Dans la deuxième foggara, il a convoqué un ouvrier pour faire comme succédané et lui donner le cantre-part de son effort du travail. Et il a contribué par un don de somme d'argent. Après une opération de mesure du débit de chaque ouvrage hydraulique par Monsieur le mesureur (Kiel El Ma) avec son instrument de mesures (Chegfa) en Habba Zrig, et d'évaluer l'effort déployé en Habba Maaboud. Le Kiel El Ma converti la part juridique de l'oasien en débit liquide pour chaque foggara (Tableau5.31).

1- Déterminer la part d'eau de l'oasien en habba Zrig et sa fraction possible ?

Après une trentaine d'année du travail dans l'agriculture avec un rendement des produits des légumes, les fruites et les dattes. L'oasien est décède. Lui survivent deux femmes, Cinq fils et

Trois fille. La quatrième fille est décédée avant de son père, et elle a laissé un fils et une fille.

2- Combien le droit de chacun des héritiers ?

Tableau.5.31. la part de l'oasien de chaque foggara

La foggara	La part juridique de foggara (Equivalent à l'effort)	La valeur de contribution (habba maaboud)/ foggara
A	H M = 15 k + 14 KK + 18 KKK	76
B	1 H M = 11 K + 19 KK + 2 KKK	167
C	1 H M = 17 K + 3KK + 8 KKK	171

Correction :

1- la part d'eau de l'oasien en habba Zrig et sa fraction possible

Dans cette partie on détermine la part d'eau de l'oasien. On se base sur la valeur de la contribution dans chaque projet foggara par l'équivalent de son foggara. les résultats du calcul présentés dans le tableau suivant :

Tableau.5.32. la part de l'oasien de chaque foggara

foggara	La part juridique de foggara (Equivalent à l'effort)	La valeur de contribution (habba maaboud)/ foggara	La part d'eau
A	H M = 15 k + 14 KK + 18 KKK	76	1140 K + 1064 KK + 1368 KKK
B	1 H M = 11 K + 19 KK + 2 KKK	167	1837 K + 3173 KK + 334 KKK
C	1 H M = 17 K + 3KK + 8 KKK	171	2907 K + 513 KK + 1368 KKK
Somme		5884 K + 4750 KK + 3070 KKK	

La part d'eau de l'oasien en Habba Zrig et sa fraction

$$3070 /24= 127,917 \text{ KK} = 127 \text{ KK} + 0,917 \times 24 \text{ KKK} = 127 \text{ KK} + 22 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 127 \text{ KK} + 4750 \text{ KK} = 4877 \text{ KK}$$

$$4877 \text{ KK} /24 = 203,208 \text{ K} = 203 \text{ k} + 0,208 \times 24 \text{ KK} = 203 \text{ K} + 5 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 5884 \text{ K} + 203 \text{ K} = 6087 \text{ K}$$

$$6087 \text{ K} /24 = 253,625 \text{ Hz} = 253 \text{ Hz} + 0,625 \times 24 \text{ K} = 253 \text{ Hz} + 15 \text{ K}$$

$$\text{Au le total : } 253 \text{ HZ} + 15 \text{ K} + 5 \text{ KK} + 22 \text{ KKK.}$$

2- le droit de chacun des héritiers

La religion musulmane a pris visant à sauvegarder à la fois et le droit individuel de disposer de ses biens et le devoir de chacun. de ne pas léser la communauté dont il est membre et plus particulièrement sa famille. Elle a rendu obligatoire la répartition des biens d'une personne

défunte parmi ses proches y compris les femmes. Héritent donc automatiquement, dans des proportions prescrites. Toutes les personnes ayant un lien familial avec la personne défunte. Pour faciliter le calcul de partage les droit d'eau, il est préféré de convertir la part d'eau de l'oasien en KKK. La conversation sera comme suite :

La part d'eau de l'oasien est : $253 \text{ Hz} + 15 \text{ K} + 5 \text{ KK} + 22 \text{ KKK}$.

$$253 \times 24 \text{ K} = 6072 \text{ K}$$

$$\text{D'où } 6072 \text{ K} + 15 \text{ K} = 6087 \text{ K}$$

$$6087 \times 24 \text{ KK} = 146088 \text{ KK} + 5 \text{ KK} = 146093 \text{ KK}$$

$$\text{Alors } 146093 \times 24 \text{ KKK} + 22 \text{ KKK} = 3506232 \text{ KKK}$$

Dans notre cas d'héritage de deux femmes, Cinq fils et Trois fille. La quatrième fille est décédée avant de son père, et elle a laissé un fils et une fille. Dans notre cas le Coran fixe précisément les personnes qui sont susceptibles d'hériter avec une opération de partage sous une base de 208 dont la part de deux femmes est $1/16$ pour chaqu'un et le reste répartie entre les garçons et les filles avec le fis et la fille de avec le garçon a eu le double de la fille. La fille morte n'a pas le droit d'héritage d'après la loi islamique (par ce que, elle est morte avant de son père). Le tableau suivant récapitulé la répartition les 3506232 KKK en des part d'eau hérités.

Tableau.5.33.la part d'eau de chaque héritent de la famille

héritent	La part de chaque héritier	La valeur de la succession en KKK
L'épouse (2)	13/208	219 139,50
Le fils (5)	28/208	471 992,769
La fille (3)	14/208	235 996,385
Total	$(2 \times 13) + (5 \times 28) + (14 \times 3) = 208$ 208/208	$= (2 \times 219\,139,500) + (5 \times 471\,992,769) + (3 \times 235\,996,385)$ = 3 506 232kkk

Conversation les part d'eau en Habba Zrig et sa Fraction

A - l'épouse

$$219\,139,50 / 24 \text{ KK} = 9\,130,81 = 9130 \text{ KK} + 0,81 \times 24 \text{ KKK} = 9130 \text{ KK} + 19 \text{ KKK}$$

$$9130 / 24 \text{ k} = 380,4166667 \text{ K} = 380 \text{ K} + 0,4166667 \times 24 = 380 \text{ K} + 10 \text{ KK}$$

$$380 / 24 \text{ Hz} = 15,83333333 \text{ Hz} = 15 \text{ Hz} + 0,83333333 \times 24 \text{ K} = 15 \text{ Hz} + 20 \text{ K}$$

Donc chaque épouse reçoit : **15 Hz + 20 K + 10 KK + 19 KKK**

B- la Fille

$$235\,996,385 / 24 \text{ KK} = 9833,182692 = 9833 \text{ KK} + 0,182692 \times 24 \text{ KK} = 9833 \text{ KK} + 4 \text{ KKK}$$

$$9833 / 24 \text{ k} = 409,7083333 \text{ K} = 409 \text{ K} + 0,7083333 \times 24 = 409 \text{ K} + 17 \text{ KK}$$

$$409 / 24 \text{ Hz} = 17,04166667 \text{ Hz} = 17 \text{ Hz} + 0,04166667 \times 24 \text{ K} = 17 \text{ Hz} + 1 \text{ K}$$

Donc chaque Fille reçoit : **17 Hz + 1 K + 17 KK + 4 KKK**

C- Le Fils

Le fils reçoit le double de la part de la fille : $2 \times (17 \text{ Hz} + 1 \text{ K} + 17 \text{ KK} + 4 \text{ KKK})$

$$2 \times 4 \text{ KKK} = 8 \text{ KKK}$$

$$2 \times 17 \text{ KK} = 34 \text{ KK} = 1 \text{ K} + 10 \text{ KK}$$

$$2 \times 1 \text{ K} + 1 \text{ K} = 3 \text{ K}$$

$$2 \times 17 \text{ Hz} = 34 \text{ Hz}$$

Au le total : $34 \text{ HZ} + 3 \text{ K} + 10 \text{ KK} + 8 \text{ KKK}$.

Vérification

- **Les deux épouses** : $2 \times (15 \text{ Hz} + 20 \text{ K} + 10 \text{ KK} + 19 \text{ KKK})$

$$2 \times 19 \text{ KKK} = 38 \text{ KKK} = 1 \text{ KK} + 14 \text{ KKK}$$

$$2 \times 10 \text{ KK} + 1 \text{ KK} = 21 \text{ KK}$$

$$2 \times 20 \text{ K} = 40 \text{ K} = 1 \text{ Hz} + 16 \text{ K}$$

$$2 \times 15 \text{ Hz} + 1 \text{ Hz} = 31 \text{ Hz}$$

Au le total : **31 HZ + 16 K + 21 KK + 14 KKK**.

- **Les Trois Filles** : $3 \times (17 \text{ Hz} + 1 \text{ K} + 17 \text{ KK} + 4 \text{ KKK})$

$$3 \times 4 \text{ KKK} = 12 \text{ KKK}$$

$$3 \times 17 \text{ KK} = 51 \text{ KK} = 2 \text{ K} + 3 \text{ KK}$$

$$3 \times 1 \text{ K} + 2 \text{ K} = 5 \text{ K}$$

$$3 \times 17 \text{ Hz} = 51 \text{ Hz}$$

Au le total : **51 HZ + 5 K + 3 KK + 12 KKK**.

- **Les Cinq Fils** : $5 \times (34 \text{ HZ} + 3 \text{ K} + 10 \text{ KK} + 8 \text{ KKK})$

$$5 \times 8 \text{ KKK} = 40 \text{ KKK} = 1 \text{ KK} + 16 \text{ KKK}$$

$$5 \times 10 \text{ KK} + 1 \text{ KK} = 51 \text{ KK} = 2 \text{ K} + 3 \text{ KK}$$

$$5 \times 3 \text{ K} + 2 \text{ K} = 17 \text{ K}$$

$$5 \times 34 \text{ Hz} = 170 \text{ Hz}$$

Au le total : **170 HZ + 17 K + 3 KK + 16 KKK**.

Tableau.5.34.la part d'eau de chaque héritier de la famille

héritier	La part de chaque héritier	La valeur de la succession De chaque héritier
L'épouse (2)	13/ 208	31 HZ + 16 K + 21 KK + 14 KKK.
Le fils (5)	28/208	170 HZ + 17 K + 3 KK + 16 KKK
La fille (3)	14/208	51 HZ + 5 K + 3 KK + 12 KKK
Total	(2X13)+(5X28)+(14x3)= 208 208/208	= 251 HZ + 38 K + 27 KK + 42 KKK

- $42 \text{ KKK} = 1 \text{ KK} + 18 \text{ KKK}$

- 27 KK + 1 KK = 28 KK = 1 K + 4 KK
- 38 K + 1 K = 39 K = 1 Hz + 15 k
- 251 Hz + 1 Hz = 252 Hz

Au le total : **252Hz + 15 K + 4 KK + 18 KKK** \approx 253 Hz + 15 K + 5 KK + 22 KKK.

5.7.12. Exemple 12 :

475 Habba maaboud estimés à l'effort du creusement d'une foggara par quatre participants. Le Kiel El Ma évalué à la sortie du l'ouvrage un débit total de 392 Habba Zrig. Les actions des Quatre copropriétaires sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau.5.35.le nombre de habba maaboud de chaque copropriétaire

Participant	Habba maaboud
A	137
B	118
C	98
D	122
Total	475

3- Quelle est la part de chaque participant ?

Après plusieurs années d'exploitations, le copropriétaire A loué un tiers (1/3) de sa part d'eau au copropriétaire D

4- Quelle est la nouvelle part de chaque participant ?

Correction :

1/la part de chaque participant

Pour déterminer la part de chaque participant, on doit d'abord connaitre la valeur de habba maaboud, le prix du projet de la réalisation de la foggara a été estimé à 475 habba maaboud. Le débit réel (mesuré) de la foggara est 392 habba Zrig. On cherche l'unité de la valeur du projet en débit d'eau (quantité) d'eau.

$$\begin{array}{l} \text{Dans ce cas : } 475 \text{ HM} \longrightarrow 392 \text{ Hz} \\ \qquad \qquad \qquad 1 \text{ HM} \longrightarrow ? \end{array}$$

$$1 \text{ HM} = \frac{392}{475}$$

$$392 / 475 = 0,8253 \text{ Hz} = 0,8253 \times 24 = 19,8072 \text{ k}$$

$$19,0056 \text{ k} = 19 \text{ k} + 0,8072 \times 24 \text{ KK} = 19 \text{ k} + 19,3728 \text{ kk}$$

$$19,3728 \text{ kk} = 19 \text{ KK} + 0,3728 \times 24 \text{ KKK} = 19 \text{ KK} + 8 \text{ KKK}$$

$$1 \text{ HM} = 19 \text{ K} + 19 \text{ KK} + 8 \text{ KKK}$$

On détermine la part de la contribution à la réalisation du projet de chaque copropriétaire (tableau.5.36.).

Tableau.5.36. la part d'eau de chaque participant

Participant	Habba maaboud	Part d'eau
A	137	2603 K + 2603 KK + 1096 KKK
B	118	2242 K + 2242 KK + 944 KKK
C	98	1862 K + 1862 KK + 784 KKK
D	122	2318K + 2318K + 976 KKK
Total	475	9025 K + 9025 KK + 3800 KKK

Une fois la part d'eau de chaque participant est déterminée on passe à la vérification des calculs

Vérification

$$3800 / 24 = 158,3333 \text{ KK} = 158 \text{ KK} + 0,3333 \times 24 \text{ KKK} = 185 \text{ KK} + 8 \text{ KKK}$$

$$\text{Donc } 158 \text{ KK} + 9025 \text{ KK} = 9183 \text{ KK}$$

$$9183 \text{ KK} / 24 = 382,6250 \text{ K} = 382 \text{ k} + 0,6250 \times 24 \text{ KK} = 382 \text{ K} + 15 \text{ KK}$$

$$\text{D'où } 9025 \text{ K} + 382 \text{ K} = 9407 \text{ K}$$

$$9407 \text{ K} / 24 = 391,9583 \text{ HZ} = 391 \text{ HZ} + 0,9583 \times 24 \text{ K} = 391 \text{ HZ} + 23 \text{ K}$$

$$\text{Au le total : } 391 \text{ HZ} + 23 \text{ K} + 15 \text{ KK} + 8 \text{ KKK} \approx 392 \text{ Hz.}$$

2/ la nouvelle part de chaque participant

Avant chaque opération de location des parts d'eau, une initiative du kiel El Ma sera faite pour confirmer le débit initial de la foggara. Une fois le débit est juste, le kiel El Ma procède a mesuré les nouveaux parts d'eau de chaque copropriétaire. Les procédures de calcul sont les suivants :

La part du copropriétaire A est : 2603 K + 2603 KK + 1096 KKK

Un tiers de la part de copropriétaire A est : $1/3 (868 \text{ K} + 868 \text{ KK} + 365 \text{ KKK})$

Donc la part du copropriétaire A devient : 1735 K + 1735 KK + 731 KKK

El la part du copropriétaire D devient : 3186 K + 3186 KK + 1341 KKK

Finalement chaque propriétaire aura sa part d'eau comme l'indique dans le tableau suivant :

Tableau.5.37. la nouvelle part d'eau des propriétaires après location les parts d'eau

propriétaire	Part d'eau
A	1735 K + 1735 KK + 731 KKK
B	2242 K + 2242 KK + 944 KKK
C	1862 K + 1862 KK + 784 KKK
D	3186 K + 3186 KK + 1341 KKK
Total	9025 K + 9025 KK + 3800 KKK

La vérification des calculs finaux une opération indispensable pour l'enregistrement des nouvelles parts d'eau par Imam sur Zemmam en présence le Kiel el Ma.

Conclusion

La distribution des eaux de la foggara est une étape très complexe mérite une attention particulière. La foggara ne peut être se séparé de le Kial El Ma. Ce personnage jouer d'une réputation au niveau et en dehors de l'oasis ; et le même tire l'Imam de la mosquée. C'est pour cette raison que la population a mis en place des techniques de mesures des parts d'eau et un encadrement de haut niveau qui veille à cette opération.

CONCLUSION

Comme nous l'avons montré au début de cette étude, que dans les oasis d'In Ghar, la population locale s'attache toujours aux techniques traditionnelles de captage des eaux souterraines. Malgré l'apport des techniques modernes, comme les motopompes et les forages, les foggaras détiennent une place privilégiée dans l'oasis d'In Ghar. C'est ainsi que depuis siècles on a enregistré une perte d'une foggara seulement sur 11 foggaras creusées, ils restent actuellement 10 foggaras fonctionnelles, certes le débit a beaucoup diminué durant le temps. L'oasis d'In Ghar est symbolisé par la foggara d'Irsan, considéré comme l'une des plus grands foggaras du Sahara. Elle représente la fierté de la population, la foggara d'Irsan, peut être classée comme un ouvrage d'art ancestral. D'une longueur de 8 Km et de plus de 500 puits d'aérations, la foggara d'Irsan satisfait la besoin en eau de plus de 400 familles. Elle irrigue aussi les jardins et la palmeraie d'une superficie de 60 hectares. Les 11 foggaras creusées par la population est le fruit d'un travail achevé entamé des années par tous les populations, c'est ainsi qu'une galerie d'une longueur de 36,5 Km et 2,6 Km le largeur total des puits ont été creusés. Un tel projet de grande envergure qui, s'est traduit par l'extraction d'une quantité de 95 millions de tonnes lors du creusement des galeries des foggaras. Plus de 6500 de tonnes de débris ont enlevés lors du creusement des puits d'aérations. Ces chiffres démontrent bien l'envergure du projet des foggaras. Génie oasien d'In Ghar a été démontré dans le réseau de distributions. C'est ainsi que plusieurs Kilomètres de seguias et 36 Kasrites ont été aménagés dans le réseau de distribution de la foggara d'Irsan. L'eau peut attendre les Madjenes et jardins de 400 propriétaires au même au moment grâce à une gestion efficace et rigoureuse. Malgré des moyens matériels traditionnels la population n'a jamais connue une pénurie d'eau. Dès qu'il y a un déficit d'eau la population entame une opération d'entretien ou rallongement de la galerie afin d'accroître le débit.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les foggaras d'In Ghar n'ont jamais fait l'objet d'une étude. Aujourd'hui, l'oasis d'In Ghar détient 11 foggaras d'une longueur totale de 36500 km et 2600 puits d'aération. La réalisation d'un ouvrage d'art ancestral comme celui d'une foggara a nécessité l'extraction de 95 millions de tonnes de terre. Ce qui démontre l'ampleur de ces ouvrages. La foggara d'Irsan considérée comme le plus grand ouvrage hydraulique de l'oasis puisqu'il permet l'irrigation de 60 hectares et l'alimentation en eau de plus de 400 familles du ksar. Aujourd'hui, le débit de la foggara d'Irsan a chuté de 8640 haba à 3878 haba, soit une diminution de 60%. Malgré les problèmes socioéconomiques et environnementaux qui touchent les foggaras d'In Ghar, seulement une foggara sur onze a été abandonnée. C'est vrai que le débit de la foggara d'Irsan a chuté de 60%, mais avec un débit actuel de 50 L/s, la foggara d'Irsan peut être classée comme la foggara la plus débitante du Sahara Algérien.

Située à 2 kilomètres au sud-ouest de l'oasis d'In Ghar, la petite oasis d'Ezzaouia possède un système d'irrigation millénaire composé de 5 foggaras qui n'ont jamais fait l'objet d'un inventaire. Des difficultés de terrain ainsi que le manque de moyens techniques nous n'avons pas pu déterminer le nombre de puits ainsi que la longueur exacte des galeries puisque une partie de la foggara est sous l'Erg Ezzaouia. Selon nos enquêtes auprès des propriétaires des foggaras, le débit total de ces foggaras avoisine la valeur 50 l/min pour une longueur totale de la galerie égale à 1,5 kilomètre. Contrairement aux foggaras d'In Ghar qui captent les eaux du Continental Intercalaire, celles de l'oasis Ezzaouia captent les eaux de l'Erg Ezzaouia. Ainsi le débit de ces foggaras augmente durant la période d'hiver, puisque la nappe qui alimente les foggaras et qui se trouve sous les dunes de sable se recharge durant la période d'hiver. Ces foggaras rencontrent divers problèmes tel que l'ensablement, l'effondrement, et le colmatage des seguias par les racines des plantes sauvages. Cependant il est indispensable que les propriétaires des foggaras et les services locaux procèdent périodiquement à l'entretien et le curage des galeries pour sauver et récupérer ce patrimoine hydraulique.

Il est temps que les services compétents protestent sérieusement sur la protection et la sauvegarde de système foggaras des oasis d'In Ghar et plus particulièrement les foggaras d'Ezzaouia. La foggara d'Irsan mérite d'être reconnue comme patrimoine culturel.

BIBLIOGRAPHIE

ABDIN S. (2006). Qanat's a unique ground Water management tool an arid region: the case of bam region in Iran. International symposium sustainability, Alicante (Spain), junary, 24-27.

ABIDI S. N. (2011). Les Foggaras d'Adrar : état et perspectives, magistère aménagement hydraulique en milieu aride, Université Kasdi Merbah –Ourgla.

BENSAADA M., REMINI B. (2014). Water wells' exploitation and it's impact on the drying up of Foggara's, The case of the Foggara Of M'ghaer, Timimoun, District of Adrar, Algeria, 2The case of The Foggara of M'ghaer, Timimoun, District Of Adrar, Algeria appl Water Sci DOI 10.1007/S13201-014-0250.

BADUEL P. R., MAROUF N. (1980). Lecture de l'espace Oasien. In: Revue de l'Occident Musulman et de la Méditerranée, N°31,1980. Pp. 142-144.

BESBES M, LARBES A., BABASY M., MERZOUGUI B. Juin. (2005). Rapport final de première phase et modélisation du système Aquifère du Bassin Occidental du Sahara Septentrional.

CHAOUCHE B. M. (2007). Adrar, ville-Oasis: pour une ville Saharienne durable, département d'Architecture et d'Urbanisme Université Constantine, (Algérie).

CAPOT-REY R. (1963). Irrigation et Structure Agraire à Tamentit. In: bulletin de l'Association de Géographes Français, N°307-308, 39e , Mai-Juin. Pp. 223-233.

CUILLERMOU Y. (1993). Les Oasis du Touat-Gourara-Tidikelt en Algérie, survie et ordre social au Sahara, Cah. Sci. Hum. 29 (1) : 121-138, t. 82, n°451. pp. 368-369.

DANIEL B. (1993). Les Eaux cachées. Études Géographiques sur les Galeries drainantes souterraines, réunies, annales de Géographie, volume 102, numéro 574 p. 637 – 638.

DESPOIS J. (1958). Le Souf et le Gourara (Sahara). In: Annales de Géographie. 1958, T. 67, N°361. Pp. 263-264.

ÉCHALLIER J. C., (1974). Villages désertés et structures agraires anciennes du Touat-Gourara (Sahara Algérien), Journal de la Société des Africanistes, volume 44, numéro 2 P. 205 – 206.**GRUET E. (1939).** Note préliminaire sur le Gisement Moustérien d'El Guettar. In: Bulletin de la Société Préhistorique de France, Tome 47, N°5, 1950. Pp. 232-241.

GOBLOT H., (1963). In Ancient Iran, the techniques of Water and Great Story, Annals, Vol. 18, N° 3, 499-520.

GOBLOT H., (1979). Qanat's: a Technique Acquisition of Water, Paris, Mouton, 231 P.

GRANDGUILLAUME G. (1973). Régime Economique et Structure du Pouvoir : Le Système des Foggara du Touat. In: Revue De l'Occident Musulman Et De La Méditerranée, N°13-14. Pp. 437-457.

GRANIER J-C. (1980). Rente foncière et régulation économique dans le Courara Algérien. In: Tiers-Monde. 1980, Tome 21 N°83. Pp. 649-663.

GHACHI M., REMINI B. (2018). Irsan: The Largest Foggara of Tidikelt (Algeria) In decline. Journal of Water Sciences & Environment Technologies ISSN: 2508-9250. Jowset, (03), N°01, 279-248.

GHACHI M., REMINI B., HAMOUDI S. (2021). The Foggaras Of Ezzaouia Oasis (Algeria): The Water Always Flows Under The Sand. Technology Reports Of Kansai University, Vol. 63, No 2, February, Pp. 2113-7128.

GHACHI M., REMINI B., HAMOUDI S. (2021). When the modifications made to the Foggara disturb the environment. Géoscience Engineering. Vol. 67 (2021), N°2DOI 10.35180/Gse-2021-0052.

HADJI A. (1994). Réaménagement Hydro-Agricole de la Palmeraie In Salah (Wilaya de Tamanrasset), PFE Ingénieur, Département Irrigation-Drainage, ENSH Blida.

HOSNI E. (1999). Stratégie pour un développement durable du Tourisme au Sahara, Paris.

HOFMAN A. (2007). Traditional Water management By Qanat In Iran is compatible With The concept of gire? Technical Summary, February, Engref, Montpellier, France, 17p.

HUSSAIN I., SIRAJ A.O., HABIB MOHAMED A., ASHFAQ M. (2008). Revitalizing a traditional dryland Water Supply System, The Karezes In Afghanistan, Iran, Pakistan an The Knig dom of Saudi Arabia, Water International, Vol. 33, N°3, 333-349.

KAZEMI G.A. (2004). Temporal changes in the physical properties and chemical composition of the municipal Water Supply of Shah Rood, Northeastern Iran, Hydrogeology Journal N° 12, Pp. 723 -734.

KOBORI I. (1982). Case studies of Foggara Oases in the Algerian Sahara and Syria, Tokyo, Tokyo University, Department Of Geography, Report N° 2, 45p.

LARNAUDE M. (1949). Eaux artésiennes et pluviosité dans le Sahara Algérien. In: Annales de Géographie. 1949, t. 58, n°311. Pp 282-283.

MINISTERE DE LA COMMUNICATION ET DE LA CULTURE. DIRECTION DU PATRIMOINE CULTUREL. (2002). Sahara Occidental. Le trait d'union de cet ensemble est le réseau hydraulique de la Saoura, avec le Gourara, le Touat et le Tidikelt Réf, 1772.

MEHDID A. (1988). Les ressources en Eau du Sahara Algerien. Minstère de l'Hydraulique et des Forest. Eau et Sols d'Algérie N°1 1988, ANRH.

NASRI B., MERZOUGUI B. (2004). Rapport de la mission effectuée la région d'In Salah pour l'inventaire des points d'eaux. ANRH DRSO.

OUALI S. (2006). Etude géothermique du Sud de l'Algérie, Mémoire de Magister, Université d'Ouargla.

PNUD-UNESCO. (1972). Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport.

PNUD. (1983). Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport.

REMINI B. (2003). Processus d'effondrement d'une Foggara, Journal Algérien Des Région Arides.

REMINI B. (2006). La foggara : Dégradation d'un système de captage et d'irrigation, 14th International Soil conservation organisation conférence. Water management and Soil conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, (ISCO 2006).

REMINI B., ACHOUR B. (2008). Les Foggaras du Grand Erg Occidental Algérien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin, pp. 21-37.

REMINI B, ACHOUR B. (2008). To the disappearance of the most Foggaras of Algeria: the Foggara of El Meghier. "Revue de Secheresse" (France). Vol. 19, No. 3, pp. 217-221.

REMINI B, ACHOUR B. (2008). Vers la disparition de l'une des plus grandes foggaras d'Algérie : la Foggara d'El Meghier, Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface, Faculté des sciences et de sciences de l'ingénieur, Université Mohamed Khider, BP 07000.

REMINI B, ACHOUR B. (2013). The Foggara's of In Salah (Algeria): the forgotten heritage. Larhyss Journal, ISN 112-3680, n°15, Septembre, p. 85-95.

REMINI B., ACHOUR B., KECHAD R. (2010). Types of Foggaras in Algeria. Journal of Water Sciences (Canada-France). Vol. 23, No. 2, pp. 105-117.

REMINI B., ACHOUR B, ET KECHAD R. (2010). La Foggara en Algérie : Un patrimoine hydraulique mondial, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 23, n° 2, 2010, p. 105-117.

REMINI B., ACHOUR B., ALBERGEL J. (2011). Timimoun's Foggara (Algeria): An heritage in danger Arabian Journal of Geosciences (Springer), Vol. 4, n° 3, pp. 495- 506.

REMINI B., KECHAD R. (2012). The Foggara in the Arab World. Journal of Geographia Technica (Indexéscopus), n° 1, pp.1-7.

REMINI B., ACHOUR B., KECHAD R. (2012). Traditional techniques for increasing the discharge from Qanats in Algeria. Irrig Drainage Syst DOI 10.1007/s10795-012-9125-6.

REMINI B., ACHOUR B. (2013). Foggaras of Ahaggar: disappearance of a hydraulic heritage. Larhyss Journal, No. 14, June, pp. 149-159.

REMINI B., ACHOUR B. (2013). The triple Foggara of Ouled Said (Algeria):The ingenuity of the Saharan peasantry, . Larhyss Journal, Issn 1112-3680, n°15, septembre, pp. 113-122.

REMINI B., ACHOUR B. (2013). The Qanat of the Great Est Western Erg. Journal American Water Works Association, 105 (5), May, pp. 104-105.

REMINI B., ACHOUR B., KECHAD R. (2014). The Sharing of Water in The Oasis's of Timimoun Heritage cultural declining, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N°18, Pp. 7-17.

REMINI B., REZOUG C., ACHOUR B., (2014).The Foggara of Kenadsa (Algeria). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, Juin 2014, pp. 93-105.

REMINI B., KECHAD R., ACHOUR B. (2014). The collecting of Groundwater by the Qanats: a millennium technique decaying. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014, pp. 259-277.

REMINI B., GHACHI M. (2019). Le partage des Eaux de la Foggara d'Irsan de l'Oasis d'In Ghar (In Salah-Algerie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°37, Mars, pp. 93-114© All rights reserved, Legal Deposit 1266-2002.

REMINI B., GHACHI M. (2021). Can we give back to the Foggara it's soul?. Peut-on rendre à la Foggara son ame ? Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°46, June, pp. 131-147.

SENOUSSI A., BENSANIA M., MOULAYE S., TELLI N. (2001). La Foggara : Un Système Hydraulique multiséculaire en déclin.

SIDI BOUMEDIENE R., VEIRIER L. (2003). Les populations Sahariennes ; « quelles mesures pour faire du tourisme un outil de lutte contre la pauvreté ? », (à partir de sept études thématiques et a été modifié suite à l'atelier international organisé à Ghardaïa), 19-21 avril.

TODARO P. (2011). Lotta alla desertificazione : Il progetto Foggaras per il recupero dei sistemiidrici tradizionalinel Sahara Algerino, Wilaya d'Adrar.