



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

LES EAUX NON CONVENTIONNELLES POUR LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DANS LES PAYS DE L'AFRIQUE DU NORD

**VERS LE DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX
USÉES TRAITÉES ET DES EAUX DE DRAINAGE
AGRICOLE**

LES EAUX NON CONVENTIONNELLES POUR LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DANS LES PAYS DE L'AFRIQUE DU NORD

VERS LE DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX
USÉES TRAITÉES ET DES EAUX DE DRAINAGE
AGRICOLE

Abdourahman Maki

Fonctionnaire technique terres et eaux (FAO)

Faycel Chenini

coordinateur de projet (FAO)

Citer comme suit:

Maki, A. et Chenini, F. 2023. *Les eaux non conventionnelles pour le développement agricole dans les pays de l'Afrique du Nord - Vers le déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage agricole*. Tunis, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7422fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-138091-8

© FAO, 2023



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY NC SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [langue] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (<http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules>) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être obtenus sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

Photos de couverture: ©FAO

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	ix
Remerciements	xi
Abréviations et acronymes	xii
Résumé	xvi
Chapitre I. État des lieux, diagnostic et analyse de l'utilisation des eaux usées traitées dans les pays du Maghreb	1
1. Introduction	3
2. Analyse du contexte maghrébin lié aux eaux usées	4
2.1. Croissance démographique et urbanisation	4
2.2. Augmentation de la rareté d'eau et du stress hydrique dans la région du Maghreb	5
2.3. Concurrence intersectorielle envers les ressources en eau dans la région du Maghreb	6
2.4. Besoins en eau agricole pour la production alimentaire dans les pays du Maghreb	9
2.5. Les eaux usées et les objectifs de développement durable au Maghreb	10
2.6. Aggravation prévisible de la rareté d'eau due aux changements climatiques	10
2.7. Les eaux usées: un potentiel valorisable pour la région du Maghreb	11
3. État des lieux du traitement et de la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays du Maghreb	13
3.1. État des lieux en Algérie	13
3.2. État des lieux en Libye	13
3.3. État des lieux au Maroc	15
3.4. État des lieux en Mauritanie	16
3.5. État des lieux en Tunisie	16
4. Analyse des défis communs maghrébins pour le déblocage du potentiel des eaux usées	18
4.1. Défis économiques et d'investissements	18
4.2. Défis politiques	19
4.3. Défis liés aux législations	20
4.4. Défis institutionnels	21
4.5. Défis liés aux aspects environnementaux et sanitaires	22
4.6. Défis techniques et technologiques	22
4.7. Défis sociaux	23
5. Analyse des réponses des pays du Maghreb pour le déblocage du potentiel des eaux usées traitées	23
5.1. Maroc	23
5.2. Tunisie	24
5.3. Algérie	25
5.4. Libye	26
5.5. Mauritanie	27
6. Opportunités vers un environnement favorable au déblocage du potentiel des eaux usées traitées	27
6.1. Capitaliser sur l'expérience maghrébine	28
6.2. Adapter les cadres réglementaires et légaux	29
6.3. Réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement	30
6.4. Adopter l'approche basée sur le traitement adapté à l'usage «prévu» ou l'usage «sans restriction»	30
6.5. Développer les capacités et renforcer les connaissances	30
6.6. Sensibiliser le public et développer l'acceptation par la société	31

6.7. Renforcer la collaboration entre les pays du Maghreb pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles	31
7. Conclusion	32
Chapitre II. Potentiel des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb	35
1. Introduction	37
2. Contexte maghrébin	38
2.1. Croissance démographique	38
2.2. Rareté de l'eau et stress hydrique	39
2.3. Ressources en eau et concurrence intersectorielle	39
2.4. Production alimentaire et besoins en eau agricole	41
2.5. Aggravation prévisible de la rareté de l'eau due aux changements climatiques	42
2.7. L'eau de drainage agricole: un potentiel valorisable et un appui pour les objectifs de développement durable	42
3. Cas de l'Algérie	43
3.1. Potentiel des eaux de drainage en Algérie	43
3.2. État des lieux de la réutilisation des eaux de drainage	46
3.3. Analyse diagnostic de la zone potentielle de la cuvette de Ouargla	47
3.4. Analyse diagnostic du système de drainage de la vallée de l'oued Righ	48
3.5. Conclusions préliminaires sur la réutilisation des eaux de drainage en Algérie	49
3.6. Cadre réglementaire de la réutilisation des eaux de drainage	49
3.7. Identification des modèles de réussite de la réutilisation des eaux de drainage	51
3.8. Analyse de l'impact de l'utilisation des eaux de drainage en agriculture oasienne	51
3.9. Conclusion	52
4. Cas de la Libye	53
4.1. Projets de drainage agricole et potentiel de réutilisation	53
4.2. Impacts économiques, sociaux et environnementaux des projets de drainage agricole	54
4.3. L'état du futur drainage agricole	54
4.4. Conclusion	55
5. Cas du Maroc	55
5.1. Territoires concernés par le drainage	56
5.2. État des lieux de la zone du Gharb	56
5.3. Analyse diagnostic de la problématique du drainage dans le Gharb	60
5.4. État des lieux dans la zone du Loukkos	61
5.5. Analyse diagnostic des pratiques de drainage dans la zone du Loukkos	62
5.6. Conclusion	62
6. Cas de la Mauritanie	62
6.1. Périmètre du canal d'Aftout Sahéli	63
6.2. Ferme de M'Pourié	63
6.3. Casier pilote de Boghé	63
6.4. Extension du casier pilote de Boghé	63
6.5. Petit périmètre pilote du Gorgol 1 (PPG 1)	64
6.6. Périmètre pilote du Gorgol 2 (PPG2)	64
6.7. Périmètre de Foum Gleita	64
6.8. Réglementation et eau de drainage	65
6.9. Conclusions	65

7. Cas de la Tunisie	66
7.1. Réutilisation des eaux de drainage dans les oasis de Chamsa	66
7.2. Réutilisation des eaux de drainage dans les oasis de Hazoua 1 et Hazoua 2	67
7.3. Réutilisation des eaux de drainage dans le périmètre forestier Beni Ghrib	68
7.4. Gestion et valorisation des eaux de drainage dans la région de Kébili	70
7.5. Potentiel des eaux de drainage pour l'irrigation en périphérie de l'oasis Guettaya	72
7.6. Potentiel des eaux de drainage pour l'irrigation en périphérie des oasis Rjim Maatoug	72
7.7. Potentiel des eaux de drainage pour l'aquaculture	73
7.8. Règlementation et gouvernance des eaux de drainage	75
7.9. Conclusion	76
8. Conclusion	76
Chapitre III. Approche sous-régionale de l'analyse coûts-bénéfices et application pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	79
1. Introduction	81
2. Rôle et logique de l'approche sous-régionale de l'analyse coûts-bénéfices pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	81
3. Processus de l'approche sous-régionale de l'analyse coûts-bénéfices pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	81
3.1. Définition du projet de réutilisation des ressources en eau non conventionnelles	82
3.2. Identification des contraintes du projet de réutilisation des ressources en eau non conventionnelles	82
3.3. Élaboration d'options et d'alternatives pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	83
3.4. Identification des avantages du projet de réutilisation des eaux non conventionnelles	83
3.5. Quantification et évaluation des coûts et des avantages du projet de réutilisation des eaux non conventionnelles	84
3.6. Calcul de la valeur actuelle nette sans les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	84
3.7. Élaboration d'un test de sensibilité à l'incertitude pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles	84
4. Cas de l'Algérie	85
4.1. Projet pilote de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles	85
4.2. Projet pilote de réutilisation des eaux de drainage à des fins agricoles	94
5. Cas de la Lybie	100
5.1. Le projet Barak Eshikeda pour la réutilisation des eaux de drainage agricole	100
6. Cas du Maroc	106
6.1. Projet de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage issues des khetaras pour la revitalisation de l'agroécosystème oasien de la commune rurale de Fezna	106
6.2. Analyse coûts-bénéfices du projet Fezna	112
7. Cas de la Mauritanie	118
7.1. Projet pilote d'assainissement des eaux usées de la ville de Nouakchott	118
7.2. Projet pilote de recyclage des eaux de drainage pour l'irrigation	126
8. Cas de la Tunisie	131
8.1. Le projet pilote de réutilisation des eaux usées traitées	131
8.2. Les projets pilotes de réutilisation des eaux de drainage (RED)	144
9. Conclusion	155
Bibliographie	157

TABLEAUX

Tableau 1. Volume des eaux usées collectées, traitées et réutilisées (mm ³ /an)	12
Tableau 2. Superficie totale (en milliers d'ha)	38
Tableau 3. Population totale (en milliers d'habitants)	38
Tableau 4. Ressources en eau renouvelables internes par habitant (m ³ /hab/an)	39
Tableau 5. Prélèvement d'eau pour l'agriculture (milliards de m ³ /an)	40
Tableau 6. Agriculture dans les pays du Maghreb arabe: valeur ajoutée (% PIB)	40
Tableau 7. Prélèvement d'eau pour les usages industriels (milliards de m ³ /an)	41
Tableau 8. Prélèvement d'eau pour les municipalités (milliards de m ³ /an)	41
Tableau 9. Besoins en eau d'irrigation (milliards de m ³ /an)	41
Tableau 10. Principales caractéristiques techniques de la STEP de Boumerdès	85
Tableau 11. Quantification des apports en eau et nutriments de la STEP de Boumerdès	88
Tableau 12. Résultats de l'analyse financière selon les trois scénarios envisagés	90
Tableau 13. Résultats de l'analyse financière selon les quatre scénarios envisagés	96
Tableau 14. Principaux paramètres climatiques	100
Tableau 15. Superficies, production moyenne et productivité estimée des cultures dans le projet Eshikeda	101
Tableau 16. Besoins en eau des cultures pratiquées dans le cadre du projet	101
Tableau 17. Détail des coûts d'investissement du projet	102
Tableau 18. Éléments de l'estimation des coûts annuels de fonctionnement du site pilote (Projet Barak Eshikeda)	103
Tableau 19. Les revenus estimés attendus pour le site expérimental de Barak Eshikeda	103
Tableau 20. Analyse de sensibilité pour les trois scénarios du projet agricole de Barak Eshikeda	105
Tableau 21. Critères adoptés dans la conception initiale de la STEP de Fezna	108
Tableau 22. Indicateurs d'état de la situation de référence du projet	111
Tableau 23. Principales variantes des scénarios alternatifs retenus	111
Tableau 24. Caractéristiques des cultures retenues par les scénarios alternatifs	112
Tableau 25. Coûts des investissements des composantes de la STEP de Fezna	114
Tableau 26. Coûts moyens des différents traitements des eaux usées – STEP de Fezna	114
Tableau 27. Consistance du programme de réhabilitation des khetaras et des canaux	114
Tableau 28. Coûts du programme de réhabilitation des khetaras et des canaux	115
Tableau 29. Coûts d'investissement des composantes du projet REUT-ED de Fezna	115
Tableau 30. Coûts annuels d'exploitation du projet de REUT-ED de Fezna (MAD/an)	115
Tableau 31. Coût total moyen de mutualisation des EUT-ED - Fezna	116
Tableau 32. Coûts de production des cultures irriguées par les EUT-ED de Fezna	116
Tableau 33. Produit d'exploitation des cultures irriguées du projet de REUT-ED de Fezna	116
Tableau 34. VAN et TRI du projet de REUT-ED de Fezna	118
Tableau 35. Impact de la production agricole sur les paysans	120
Tableau 36. Situation actuelle du projet pilote d'EUT (coûts, bénéfices et impacts);	122
Tableau 37. Impacts de l'utilisation des EUT sur la production maraîchère à Nouakchott	122
Tableau 38. Estimation des coûts du réseau des eaux usées et stations d'épuration:	123
Tableau 39. Situation future avec la réalisation du projet pilote d'EUT (coûts, bénéfices et impacts)	124

Tableau 40. Bénéfices actualisés du projet pilote d'EUT (après le projet)	124
Tableau 41. Coûts actualisés du projet pilote d'EUT (après le projet)	125
Tableau 42. Coûts actualisés du projet pilote d'EUT (avant le projet)	125
Tableau 43. Bénéfices actualisés du projet pilote d'EUT (avant le projet)	125
Tableau 44. Impacts de la non-utilisation des eaux de drainage sur la production agricole	127
Tableau 45. Coûts-bénéfices-impacts des cultures sans eaux de drainage	127
Tableau 46. Impact de l'utilisation des eaux de drainage pour l'irrigation au CPB et son extension	127
Tableau 47. Coûts-bénéfices-impact de l'utilisation des eaux de drainage dans l'irrigation	129
Tableau 48. Bénéfices du CPB avant le drainage	129
Tableau 49. Coûts du CPB avant le drainage:	130
Tableau 50. Bénéfices du CPB avec le drainage	130
Tableau 51. Coûts CPB avec drainage	130
Tableau 52. Occupation future des sols par spéculation et selon les options	133
Tableau 53. Superficie des cultures dans la situation sans projet de REUT	134
Tableau 54. Rendement des cultures sans projet de REUT	134
Tableau 55. Rendement des cultures avec projet de REUT, en régime de croisière	134
Tableau 56. Volume de production par spéculation sans et avec projet de REUT (en tonne ou UF)	135
Tableau 57. Main d'œuvre par spéculation sans et avec projet de REUT	135
Tableau 58. Planning schématique de réalisation des volets du projet de REUT	137
Tableau 59. Investissements totaux du projet de REUT (en milliers de TND)	138
Tableau 60. Charges variables de production sans et avec projet de REUT (en TND)	139
Tableau 61. Charges fixes du projet, en régime de croisière des EUT (en milliers de TND)	140
Tableau 62. Valeur de la production sans et avec projet de REUT (en TND)	140
Tableau 63. Valeur résiduelle des investissements du projet de REUT	141
Tableau 64. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 1 du projet de REUT	142
Tableau 65. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 2 du projet de REUT	142
Tableau 66. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 3 du projet de REUT	143
Tableau 67. RBC du projet de REUT selon les options	144
Tableau 68. VAN du projet de REUT selon les options	144
Tableau 69. Occupation future des sols par spéculation	146
Tableau 70. Superficie des cultures dans la situation sans projet de RED	147
Tableau 71. Occupation des sols par spéculation en régime de croisière du projet de RED	147
Tableau 72. Rendement des cultures avec projet de RED, en régime de croisière	148
Tableau 73. Volume de production par spéculation sans et avec projet de RED (en tonne ou UF)	148
Tableau 74. Planning schématique de réalisation des volets du projet de RED	149
Tableau 75. Investissements totaux du projet de RED (en milliers de TND)	150
Tableau 76. Charges variables de production sans et avec projet de RED (en TND)	151
Tableau 77. Charges fixes du projet de RED, en régime de croisière (en milliers de TND)	152
Tableau 78. Valeur de la production sans et avec projet de RED (en TND)	152
Tableau 79. Valeur résiduelle des investissements du projet de RED	153
Tableau 80. Tests de sensibilité de la rentabilité du projet de RED	154
Tableau 81. RBC du projet de RED	154

FIGURES

Figure 1. Superficie totale des pays du Maghreb arabe	4
Figure 2. Population totale des pays du Maghreb arabe	4
Figure 3. Total des ressources en eau internes renouvelables par pays (m ³ /hab/an)	5
Figure 4. Ressources en eau renouvelables internes par habitant dans les pays du Maghreb arabe (m ³ /hab/an)	6
Figure 5. Ressources en eau renouvelables internes par habitant dans la région du Maghreb arabe (m ³ /hab/an)	6
Figure 6. Prélèvement d'eau pour l'agriculture dans la région du Maghreb (milliards de m ³ /an)	7
Figure 7. Agriculture dans les pays du Maghreb arabe, valeur ajoutée	7
Figure 8. Prélèvement d'eau pour les usages industriels dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m ³ /an)	8
Figure 9. Prélèvement d'eau pour les municipalités dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m ³ /an)	8
Figure 10. Besoins en eau d'irrigation	9
Figure 11. Utilisation des EUT pour l'irrigation dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m ³ /an)	9
Figure 12. Eaux usées collectées dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m ³ /an)	11
Figure 13. Eaux usées traitées dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m ³ /an)	12
Figure 14. Exploitation de vigne de table en pergola sise à Corso, wilaya de Boumerdès	88
Figure 15. Plan parcellaire de l'exploitation agricole pilote	89
Figure 16. Délimitation du périmètre de l'exploitation phœnicicole pilote	95
Figure 17. Localisation du périmètre du projet de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage	107
Figure 18. Système d'assainissement liquide de la commune de Fezna	108
Figure 19. Procédure de traitement des eaux usées de la STEP de Fezna	109
Figure 20. Structure générale d'une khattara avec ses principales zones constitutives	110
Figure 21. Évolution du produit d'exploitation du projet de REUT-ED de Fezna	117
Figure 22. Flux nets de trésorerie du projet REUT-ED de Fezna	118
Figure 23. Carte de localisation du PPI de l'oued Essid	131
Figure 24. Carte de localisation du PI pilote de Beni Ghrib	145

AVANT-PROPOS

Les questions du développement durable et de la préservation des ressources naturelles, en particulier des ressources en eau, font partie des défis les plus importants auxquels le Maghreb est confronté. C'est pourquoi l'Union du Maghreb arabe (UMA), depuis sa création, a accordé une importance particulière à ces questions.

Le Conseil de la Présidence de l'UMA a approuvé à Nouakchott, en 1992, la «Charte maghrébine pour la protection de l'environnement et le développement durable» comme cadre de référence pour une politique environnementale commune visant le développement durable. Le Conseil a également mis en place des structures administratives dédiées à cet objectif, telles que le Comité ministériel en charge de la sécurité alimentaire, le Conseil ministériel du Maghreb chargé des ressources en eau et de l'irrigation, et le Conseil du Maghreb en charge de l'environnement et du développement durable afin de définir des politiques et des stratégies pour assurer une gestion continue et coordonnée des ressources en eau.

Dans ce contexte, les pays de l'Union du Maghreb arabe se sont engagés à :

- veiller à ce que l'eau soit consommée en quantité nécessaire et suffisante pour répondre aux besoins de l'eau potable, de l'irrigation, de l'industrie et du tourisme.
- assurer la protection des ressources en eau menacées par les dangers de l'exploitation chaotique sous toutes ses formes.
- préserver les aquifères non renouvelables en assurant l'utilisation rationnelle de ces réservoirs dans le cadre de la coopération entre les États membres de l'Union du Maghreb arabe.
- travailler pour traiter les eaux usées domestiques et industrielles et les réutiliser selon les normes sanitaires.

Malgré les efforts déployés aux niveaux national et régional, le problème de la rareté de l'eau dans la région du Maghreb reste un enjeu majeur, et il est impératif de coordonner et de réfléchir aux modalités d'utilisation optimale de ces ressources, qui contribueront à les préserver et les utiliser de manière efficace.

Pour faire face à ces défis, l'Union du Maghreb arabe (UMA) a décidé d'attacher une importance particulière à la promotion de l'utilisation des ressources en eaux non conventionnelles, à travers son partenariat avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), notamment dans la mise en œuvre du projet maghrébin sur le «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole», ce qui a abouti au lancement de l'initiative maghrébine sur les eaux non conventionnelles ainsi que du dialogue politique maghrébin, dans le but de faire ressortir une direction stratégique maghrébine unifiée pour évaluer le potentiel des eaux non conventionnelles au niveau de la région et de mettre en place les mécanismes pour leur mise en œuvre.

Il est toujours très important de créer des occasions pour prendre connaissance des expériences réussies dans les pays maghrébins et d'étudier les orientations politiques dans le domaine de la valorisation du potentiel des eaux non conventionnelles en agriculture, et de voir comment améliorer l'approvisionnement en eau et l'assainissement, et mieux gérer les ressources en eau non conventionnelles. Ceci renforcera la coopération maghrébine dans ce domaine, soutiendra la croissance économique de notre région et contribuera à la réduction de la pauvreté.

Il convient également de définir des orientations et des plans stratégiques dans le domaine des eaux usées épurées et des eaux de drainage agricoles, et de préparer un futur maghrébin commun avec une vision qui concerne la gestion rationnelle des ressources en eau dans la région du Maghreb arabe.

Taieb Baccouche

Secrétaire général de l'Union du Maghreb arabe

AVANT-PROPOS

Le thème de la Journée mondiale de l'eau 2021 est bien celui de la valorisation de l'eau. Cette valeur va bien au-delà de son prix: l'eau a une valeur énorme et complexe pour les ménages, l'alimentation, la culture, la santé, l'éducation, l'économie et l'intégrité de l'environnement naturel. Si l'une de ces valeurs est négligée, il existe un risque de mal gérer cette ressource limitée et irremplaçable.

L'objectif de développement durable (ODD) 6 vise à garantir l'eau et l'assainissement pour tous et, sans une compréhension globale de la véritable valeur multidimensionnelle de l'eau, il sera impossible de sauvegarder cette ressource essentielle au profit de tous.

Il est fondamental de préciser que la valorisation de l'eau passe bien par le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles qui peut accroître la disponibilité de l'eau à des usages agricoles spécifiques, sanitaires sûrs, économiquement rentables, écologiquement durables et bénéfiques pour la société et l'environnement dans son ensemble. Ces ressources en eau peuvent aussi contribuer à l'adaptation aux changements climatiques et à l'atténuation de leurs impacts. Elles permettent également de renforcer la transition vers une économie verte.

Pour les pays du Maghreb, le potentiel des ressources en eaux non conventionnelles est considérable et augmente au fil des années. Par exemple, le volume total des eaux usées produites par les cinq pays du Maghreb est estimé à environ 2 milliards de m³/an. Environ 900 millions de m³ d'eaux usées produites sont traitées, dont seulement 15 pour cent sont réutilisés.

Au cours des dernières années, la FAO a accordé une attention considérable à la rareté de l'eau et a pris un large éventail d'initiatives et d'activités pour renforcer les capacités d'adoption de mécanismes de lutte contre la rareté de l'eau, dont l'Initiative régionale sur la rareté de l'eau lancée en 2013. Dans le cadre de cette initiative a été mis en œuvre le projet «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb arabe», qui a donné lieu à un dialogue entre les pays du Maghreb après des analyses diagnostics et un état de l'art de ce secteur dans les cinq pays, suivi de dialogues politiques nationaux internes avec sélection de deux sites pilotes et des études des coûts et bénéfices qui ont abouti à un plan d'investissement.

Ceci a permis de préparer un document de projet régional maghrébin pour la mise en œuvre de l'Initiative maghrébine sur les eaux non conventionnelles (IMENCO) qui va contribuer à la sécurité alimentaire et à la sécurité hydrique dans les pays du Maghreb et aux quatre améliorations (4 Betters) en matière de production, de nutrition, d'environnement et de conditions de vie.

Philippe Ankers

Coordinateur du bureau sous-régional
de la FAO pour l'Afrique du Nord

REMERCIEMENTS

Des remerciements sincères sont adressés à l'Union du Maghreb arabe (UMA) et aux différents Ministères partenaires pour le soutien continu aux activités de la FAO dans la région du Maghreb et plus particulièrement au plan d'action de l'Initiative régionale sur la rareté de l'eau. Ces Ministères sont ci-dessous cités par ordre alphabétique des pays:

- Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche, Algérie;
- Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la richesse marine, Libye;
- Ministère de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts, Maroc;
- Ministère du développement rural, Mauritanie;
- Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, Tunisie.

Les remerciements vont particulièrement à Madame Faouzia Chakiri, ingénieur en chef agroéconomiste, chef de division, Direction de la sécurité alimentaire, Secrétariat général de l'Union du Maghreb arabe et aux coordinateurs nationaux:

- Mme Myassa Stof, Chef de bureau, Bureau de développement des techniques d'irrigation (Algérie);
- M. Salah Mohamed Assalabi, Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la richesse marine (Libye);
- M. Mohmoud Badiss, Chef du service de la gestion de l'irrigation (Maroc);
- M. Sidi Mouhamed Ould M'khaitir, directeur, Direction centrale de l'aménagement rural (Mauritanie);
- M. Gabbouj Ridha, Directeur général, Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux (Tunisie).

Les remerciements vont aussi aux nombreux membres des équipes nationales multidisciplinaires représentants de plusieurs Ministères et institutions nationales des pays maghrébins impliqués dans l'Initiative régionale sur la rareté de l'eau.

Un vif remerciement également à tous les collègues du bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord et des bureaux de représentation de la FAO dans les différents pays pour leurs contributions directes et indirectes à l'élaboration de ce rapport.

Les remerciements vont également aux consultants nationaux: Hamilla Mohamed Ali (FAOLY), Ahmedou Bouya Ahmed (FAOMA), El Boukhari Abderrahim (FAOMO), Slimane Baccouche (FAOTU), Brahim Soudi (FAOMO), Chokri Saffar (FAOTU), Metahri Mohammed Said (FAOAL) et Souici Djamel (FAOAL).

Le présent rapport a été élaboré par Abdourahman Maki, fonctionnaire technique terre et eaux au bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord (FAOSNE), et Faycel Chenini, coordinateur de projet (FAOSNE) et révisé par Insaf Cherif, fonctionnaire technique terre et eaux (FAOSNE) en se basant sur les rapports nationaux élaborés dans le cadre du projet TCP/SNE/3701.

Ce rapport est le fruit de la collaboration entre le Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Union du Maghreb arabe (UMA) dans le cadre de l'initiative régionale sur la rareté de l'eau et du projet TCP/SNE/3701 «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb».

ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACORD	Association for Cooperatives Operations Research and Development
ABH	Agence de bassin hydraulique
ACB	analyse coûts-bénéfices
ACSAD	Centre arabe pour l'étude des zones arides et des terres sèches
AEP	alimentation en eau potable
ANRH	Agence nationale des ressources hydrauliques
AUEA	Association des usagers de l'eau agricole
BM	Banque mondiale
CC	changement climatique
CDARS	Commissariat au développement de l'agriculture dans les régions sahariennes
CILSS	Comité inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel
CPAN	Cellule chargée du projet assainissement de Nouakchott
CPB	Casier pilote de Boghé
CRDA	Commissariat régional de développement agricole
CSEC	Conseil supérieur de l'eau et du climat
DGF	Direction générale des forêts
DGGREE	Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux
DGRE	Direction générale des ressources en eau
DIAEA	Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace agricole
DPA	Direction provinciale de l'agriculture
DRA	Direction régionale de l'agriculture
DRPE	Direction de la recherche et de la planification de l'eau
DREW	Direction des ressources en eau de la wilaya
DZD	Dinar algérien
ED	eaux de drainage
EH	équivalent habitant
ENMD	Équipe nationale multidisciplinaire

ETP	évapotranspiration potentielle
EU	eaux usées
EUT	eaux usées traitées
FADES	Fonds arabe pour le développement économique et social
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAO-SNE	Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord
FEM	Fond pour l'environnement mondial
FNT	flux nets de trésorerie
GDA	Groupement de développement agricole
GIRE	gestion intégrée des ressources en eau
GPI	grand périmètre irrigué
IME	Institut méditerranéen de l'eau
IMENCO	Initiative maghrébine pour les eaux non conventionnelles
INRAA	Institut national de la recherche agronomique d'Algérie
INSID	Institut national de l'irrigation et du drainage
ITDAS	Institut technique de développement de l'agriculture saharienne
LYD	Dinar libyen
MALE	Ministère des affaires locales et de l'environnement
MARHP	Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche
MDR	Ministère du développement rural
MHA	Ministère de l'hydraulique et de l'assainissement
MRE	Ministère des ressources en eau
MRU	Ouguiya
NENA	Proche-Orient et Afrique du Nord
NPK	Azote phosphore potassium
ODD	objectif de développement durable
OMD	objectifs du Millénaire pour le développement
OMS	Organisation mondiale pour la santé
ONAS	Office national d'assainissement

ONCA	Office national du conseil agricole
ONEE	Office national de l'électricité et de l'eau potable
ONID	Office national de l'irrigation et du drainage
ONG	Organisation non gouvernementale
ONSSA	Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires
ORMVAG	Office régional de mise en valeur agricole du Gharb
PASA	Programme d'ajustement du secteur agricole
PCT	Programme de coopération technique
PDAIRE	Plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau
PDAR	Plan directeur d'aménagement des ressources en eau
PI	périmètre irrigué
PIB	produit intérieur brut
PMH	petite et moyenne hydraulique
PNAM	Programme national mutualisé
PNREU	Plan national de réutilisation des eaux usées
PNE	Plan national de l'eau
PPG	périmètre pilote de Gorgol
PPI	périmètre public irrigué
RED	réutilisation des eaux de drainage
REUT	réutilisation des eaux usées traitées
SAU	superficie agricole utile
SCAPP	Stratégie de croissance accélérée et de prospérité partagée
SOFA	Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture
SONADER	Société national pour le développement rural
SNDE	Société nationale d'eaux
SNEDD	Stratégie nationale de l'environnement et du développement durable
STEP	Station de traitement et épuration des eaux usées
TND	Dinar tunisien
TRI	taux de rentabilité interne

UMA	Union du Maghreb arabe
UNICEF	Fonds d'urgence pour l'enfance des Nations Unies
TRI	taux de rentabilité interne
VAN	valeur actualisée nette
WSI	Initiative régionale sur la rareté d'eau

Unités de mesure

ha	hectare
kw	kilowatt
km²	Kilomètre carré
m²	mètre carré
m³	mètre cube
mm³	millimètre cube
UTH	unité de travail homme

RÉSUMÉ

En se basant sur un des messages clés de La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture (SOFA) 2020 - «Investir dans les sources d'eau non conventionnelles, notamment la réutilisation de l'eau ou le dessalement, est une stratégie de plus en plus importante face à la rareté de l'eau» - le bureau sous-régional de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture pour l'Afrique du Nord (FAO-SNE) et l'Union du Maghreb arabe (UMA) continuent à améliorer les connaissances et les compétences sur la réutilisation saine et durable des eaux non conventionnelles. Ils fournissent aux pays du Maghreb des informations et un savoir-faire afin d'appuyer des politiques et des orientations stratégiques résolument propices au déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles pour le développement agricole dans la région. Dans ce contexte et dans le cadre de:

- (i) Initiative régionale de la FAO sur la rareté de l'eau dans la région de l'Afrique du Nord et du Proche Orient.
- (ii) Partenariat entre l'Union du Maghreb arabe (UMA) et la FAO-SNE dans la région du Maghreb arabe avec un cadre de programmation FAO-UMA (2020-2023) pour contribuer à la sécurité alimentaire, la résilience aux effets du changement climatique et la lutte contre les maladies des plantes et animaux.
- (iii) Projet sous-régional sur le déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans la région du Maghreb (TCP/SNE/3701).

Un plan d'action a été élaboré pour la période 2019-2021 dont l'objectif principal est d'améliorer les connaissances et les informations sur la réutilisation sûre et durable des eaux usées traitées (EUT) et des eaux de drainage (ED) pour le développement agricole pour les pays du Maghreb arabe: Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie et Tunisie.

Les principaux résultats de ce plan d'action sont l'élaboration de 10 études nationales pour les différents pays sur l'état des lieux et le diagnostic de la situation ainsi que les défis et opportunités pour le développement de la réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage.

Pour chaque pays, un dialogue national politique a été lancé pour promouvoir une approche holistique et innovante intégrant les aspects techniques, socioéconomiques, environnementaux, sanitaires, politiques, institutionnels et d'investissement. Il a permis entre autres de valider le choix d'un site pilote pour les eaux usées traitées et d'un site pilote pour l'eau de drainage en vue de la création d'une plateforme nationale pour la capitalisation de l'expérience locale et l'échange d'information et d'expériences réussies.

Ce rapport régional rentre dans le cadre de cette approche holistique et innovante pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles pour le développement agricole.

Le premier chapitre détaille l'état des lieux, le diagnostic et l'analyse de l'utilisation des eaux usées traitées dans les pays du Maghreb. Il commence par une analyse exhaustive du contexte maghrébin lié à la rareté de l'eau en général, et des eaux non conventionnelles en particulier, et notamment les eaux usées. Cette analyse s'est focalisée sur les facteurs les plus importants comme la croissance démographique et l'urbanisation. Elle a essayé de voir l'impact de l'augmentation de la rareté d'eau et du stress hydrique dans la région et la concurrence intersectorielle.

Cette analyse a pu répertorier l'augmentation des besoins en eau agricole pour la production alimentaire, les objectifs de développement durable (ODD) au Maghreb et l'impact des changements climatiques comme facteurs influant la gestion des ressources en eau.

Par ailleurs, cette région se caractérise par une rareté d'eau physique et économique causée, respectivement, par le déficit en réponse aux différents besoins et un manque important d'investissement dans le secteur de l'eau en général. Outre cette rareté de l'eau et dans un contexte de changement climatique, cette région se caractérise par une augmentation des températures annuelles moyennes avec une réduction des précipitations, ce qui exerce une pression croissante sur les ressources en eau avec un potentiel régularisable inférieur à 30 milliards de m³/an.

Consommant plus de 12 milliards de m³ par an, soit 78 pour cent des ressources en eau de la région, l'agriculture joue un rôle important pour la sécurité alimentaire. Les activités agricoles sont très variables d'un pays à l'autre et nécessitent d'importantes quantités supplémentaires d'eau pour l'irrigation dans des conditions de stress hydrique.

De ce fait, l'approvisionnement en eau d'irrigation ne peut être assuré que par des eaux non conventionnelles comme les eaux usées traitées. Presque 208 millions de m³ de ces eaux sont utilisés pour l'agriculture dans toute la région, ce qui représente uniquement 1,7 pour cent du besoin en eau d'irrigation total des cinq pays. Par ailleurs, environ sept cent mille mètres cubes d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées sont également utilisés.

L'aggravation prévisible de la rareté d'eau due aux changements climatiques dans les cinq pays est bien démontrée par les simulations climatiques à l'horizon 2100 qui projettent une hausse des températures d'une moyenne de 3 °C, une baisse des précipitations de 20 pour cent en moyenne et une diminution significative des ressources en eau qui pourra atteindre 40 pour cent, surtout dans les zones du nord de la région.

L'engagement clair des pays envers les accords internationaux et leurs ratifications sur le climat et la mise en place de comités nationaux se focalisant sur le changement climatique ont pu orienter leurs politiques de gestion des ressources en eau vers une approche plus proactive, participative et durable mais sans réelle inclusion du développement des ressources en eau non conventionnelles, dont les eaux usées traitées font partie. Ces ressources représentent bien un potentiel valorisable pour la région. En effet, la rareté d'eau dans la région pousse de plus en plus les gouvernements des pays maghrébins à rechercher des ressources en eau supplémentaires afin de répondre à une demande accrue en eau. Les ressources en eau non conventionnelles, parmi lesquelles les eaux usées traitées, pourraient contribuer à répondre à cette demande, principalement pour le secteur agricole.

Le traitement effectif représente un peu plus de 900 millions de m³/an mais la réutilisation globale des eaux usées traitées demeure faible dans la région. Malgré cette situation, le traitement des eaux usées fait bien de plus en plus partie des politiques nationales maghrébines d'adaptation au changement climatique. Ces ressources sont promues comme une alternative stratégique permettant respectivement de développer l'irrigation et de sécuriser l'alimentation en eau potable qui dépendent étroitement, directement et indirectement, du développement des eaux usées, raison pour laquelle les bailleurs de fonds ne cessent d'attirer l'attention des pouvoirs publics de ces pays sur la nécessité d'accorder une attention particulière au devenir des eaux usées. L'incitation à intégrer la réutilisation des eaux usées traitées dans les stratégies nationales de développement des ressources en eau est devenue maintenant une exigence pour l'octroi de fonds dans le secteur de l'eau potable. Cet intérêt pour les eaux usées au regard du développement agricole et de leur impact direct sur la santé publique et la sécurité hydrique rend urgent le développement d'un traitement optimal et adéquat.

De cette analyse, il ressort clairement que les eaux usées représentent un potentiel hautement valorisable pour la région du Maghreb caractérisée par des conditions de rareté d'eau. Il apparaît également que la région du Maghreb dispose de 537 stations d'épuration dont une seule en Mauritanie et le reste est réparti comme suit: 26 pour cent au Maroc, 35 pour cent en Algérie, 23 pour cent en Tunisie et 16 pour cent en Libye. Elles collectent un volume de 2 160 millions de m³/an d'eaux usées.

Les réponses politiques de l'Algérie, de la Libye, du Maroc, de la Mauritanie et de la Tunisie pour le déblocage du potentiel des eaux usées traitées ont été mises en relief avec une analyse sommaire des grandes lignes stratégiques adoptées par les différents pays. Ces réponses politiques sont très variables d'un pays à l'autre et montrent bien la nécessité de renforcer la collaboration entre les différents pays.

À la fin de cette analyse de l'état des lieux, les défis communs maghrébins pour le déblocage du potentiel des eaux usées économiques et des investissements, politiques, législatifs, institutionnels, environnementaux, sanitaires, techniques, technologiques et sociaux ont été mis en relief avec les réponses à court et long termes des différents pays et les opportunités pour un environnement favorable.

Le deuxième chapitre présente le contexte, l'état des lieux et les perspectives du potentiel des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb. Cette analyse diagnostic a pu montrer que les situations sont différentes d'un pays à l'autre, chacun ayant des problèmes spécifiques pour ce qui est des eaux de drainage. Les données sur les volumes des eaux de drainage sont indisponibles dans la plupart des cas dans chaque pays et des études très poussées sur l'estimation de ces ressources d'eau non conventionnelles seront certainement indispensables dans les années à venir.

La réutilisation des eaux de drainage serait ainsi une option viable pour répondre à la demande croissante en eau du secteur agricole dans tous les pays du Maghreb. Les objectifs de la réutilisation sont de contrôler la qualité de l'eau et d'augmenter la production agricole. Que cela s'avère financièrement attractif ou non dépend des exigences de qualité de l'eau, du traitement nécessaire et de la possibilité de développer de nouvelles ressources en eau.

Cependant, la réutilisation de l'eau de drainage dans la plupart des pays du Maghreb reste très limitée sur des superficies réduites, principalement pour des expérimentations de recherche avec des difficultés de suivi et d'analyse. L'utilisation durable des eaux de drainage nécessite une grande connaissance des pratiques de gestion appropriées, des ressources, du développement de technologies rentables et de la sensibilisation du public. Elle nécessite aussi une coordination entre les ministères et institutions impliqués, notamment entre les responsables de l'irrigation, du suivi de la qualité des eaux de drainage, de la santé et de l'environnement.

Au Maroc, les problèmes d'engorgement et de salinisation varient mais sont apparents dans la plupart des grands et moyens périmètres irrigués. Dans le nord et le nord-ouest du pays, plus humides, l'engorgement est causé par des précipitations saisonnières excessives et des excès d'eau d'irrigation. Dans le sud et l'est semi-arides et arides, les pertes et excès en eau d'irrigation sont une cause principale de l'élévation du niveau statique de la nappe phréatique provoquant d'importants problèmes de salinisation des sols. La réutilisation des eaux de drainage associée à l'eau d'irrigation sera nécessaire compte tenu de la pression croissante sur les ressources en eaux conventionnelles. C'est pourquoi les technologies de drainage nécessitent d'être modernisées pour garantir des investissements dans ce secteur. Il serait aussi nécessaire d'adopter une approche plus spécifique et adaptée aux conditions locales qui prenne en compte à la fois les facteurs physiques, managériaux et socioéconomiques. Les périmètres concernés par la réutilisation des eaux de drainage seront certaines zones du périmètre du Loukkos et du périmètre du Gharb.

En Algérie, il existe un large éventail de problèmes différents qui nécessitent des solutions régionales ou locales adaptées. Au nord-ouest, la dégradation des terres s'est produite à la suite de la salinisation. Au centre du pays, les sols argileux lourds sont sujets à l'engorgement et la salinisation est prédominante. Dans le nord-est plus humide, les précipitations hivernales provoquent un engorgement saisonnier problématique. Au sud, les oasis connaissent des problèmes de salinisation qui pourraient être causés par les pertes d'eau inévitables dues à l'irrigation. Ailleurs dans les zones désertiques du sud, il y a suffisamment d'écoulement et aucun engorgement ne se produit. Les systèmes de drainage naturels accueillent les rares précipitations de haute intensité et ces systèmes naturels sont utilisés pour le drainage et l'évacuation des effluents produits par les périmètres irrigués. La réhabilitation des systèmes de drainage naturels et construits est d'une priorité absolue. La vallée de l'oued Righ serait une zone potentielle pour la réutilisation des eaux de drainage.

La Tunisie est majoritairement semi-aride et aride. Au nord, les sols à texture argileuse sont des systèmes de drainage souterrain salinisés et rapprochés et il faut maintenir l'agriculture irriguée durable. Les sols ont une texture plus légère dans le centre de la Tunisie et sableuse dans le sud. Le pays a une longue histoire de gestion de la salinité agricole et a généré des connaissances considérables sur l'équilibre salin contrôlé par lessivage. Les périmètres de Hezoua et Rejim Maatoug dans le Sud tunisien seront les sites potentiels pour l'utilisation des eaux de drainage.

En Libye, la zone irriguée est insuffisamment équipée de systèmes de drainage et la salinisation affecte les rendements des cultures. L'optimisation de l'utilisation des ressources en eau existantes combinée à des systèmes de drainage avec une évaluation en temps opportun des besoins de drainage et des technologies appropriées est souhaitable. Le périmètre de Barak Eshikeda serait possible pour l'utilisation des eaux de drainage.

En Mauritanie, dans la zone du fleuve Sénégal, il n'y a pas de problème de rareté de l'eau pour l'agriculture irriguée mais, avec l'utilisation des eaux de drainage, les capacités de production de certaines zones peuvent être considérablement augmentées et certains problèmes liés aux inondations peuvent être résolus pendant la saison des pluies. Le projet d'extension du casier pilote à Boghé peut être un site potentiel pour l'utilisation des eaux de drainage.

Le troisième chapitre se focalise sur l'application de l'approche analyse coûts-bénéfices sur les sites pilotes qui ont été validés durant les dialogues politiques des différents pays. Cette approche a servi à élaborer un plan d'amélioration exhaustif pour chaque site avec trois options possibles d'amélioration et de modernisation en tant que site pilote d'excellence. Ces études d'analyse coûts-bénéfices ont permis l'élaboration d'un plan d'investissement maghrébin pour le développement de sites d'excellence et de la coopération maghrébine. Elles ont également permis l'élaboration d'un projet régional pour la mise en œuvre de l'Initiative maghrébine pour les eaux non conventionnelles (IMENCO) proposée par l'UMA et la FAO lors d'un dialogue maghrébin.

En conclusion et pour ouvrir des horizons vers un environnement favorable au déblocage du potentiel des eaux usées pour le développement agricole dans la région du Maghreb, des recommandations - résultats de l'approche holistique et innovante ci-dessus mentionnée - ont été proposées comme suit:

- capitaliser sur l'expérience maghrébine;
- adapter les cadres réglementaires et légaux;
- amortir les coûts avec des mécanismes de financement appropriés;
- réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement;
- adopter l'approche basée sur le traitement adapté à l'usage «prévu» ou l'usage «sans restriction», développer les capacités et renforcer les connaissances;
- sensibiliser le public et développer l'acceptation par la société;
- renforcer la collaboration entre les pays du Maghreb envers le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles.



CHAPITRE 1

ÉTAT DES LIEUX, DIAGNOSTIC ET ANALYSE DE L'UTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES DANS LES PAYS DU MAGHREB

**VERS LE DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX NON CONVENTIONNELLES
POUR LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE**

1. INTRODUCTION

La rareté d'eau dans les pays du Maghreb est définie, d'une part, comme la rareté physique due au fait qu'il n'y a pas assez d'eau pour répondre à toutes les demandes; d'autre part, comme une rareté économique causée par un manque d'investissement dans le secteur de l'eau ou un manque de capacité humaine pour répondre à la demande en eau, même dans les endroits où l'eau est abondante. Parmi les symptômes de cette rareté économique de l'eau, citons le développement inadéquat des infrastructures dans la région. Par ailleurs, ces pays partagent quelques problématiques environnementales similaires: désertification, dégradation des terres, des forêts et des pâturages, fortes pressions sur le milieu marin, changements climatiques ou encore les pollutions industrielles, urbaines et agricoles. Le Maghreb se caractérise par un des déficits hydriques les plus élevés au monde (disponibilités en eau inférieures à 1 000 m³/habitant/an), une désertification qui affecte environ 85 pour cent des terres, lesquelles sont de plus en plus menacées par l'érosion et la salinisation, et une agriculture à dominante pluviale très sensible aux variations climatiques.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a lancé en 2013 une Initiative régionale sur la rareté de l'eau au Proche-Orient et en Afrique du Nord face aux défis de la rareté d'eau qui est un fait largement reconnu dans toute la région. Pour les pays d'Afrique du Nord, quatre pays sur cinq de la sous-région se situent sous le niveau de 500 m³/habitant/an de ressources en eau internes renouvelables, ce qui caractérise une rareté d'eau absolue.

Actuellement, dans le cadre de la recherche de solutions durables aux problèmes de rareté d'eau et de sécurité alimentaire dans les pays d'Afrique du Nord, la demande urgente émergente consiste à intégrer de nouvelles réflexions pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles pour le développement agricole grâce à la mise en œuvre d'investissements et de bonnes pratiques intégrant ces ressources dans la gestion intégrée des ressources en eau.

Cette nouvelle approche de la FAO rentre dans le cadre de l'un des focus de l'Initiative régionale sur la rareté de l'eau, liée au développement des eaux non conventionnelles. Elle vise à aider les pays membres à identifier et à lancer les politiques et les meilleures pratiques en matière de promotion de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles pour améliorer la sécurité hydrique et alimentaire.

Aujourd'hui, les pays du Maghreb sont à la croisée des chemins pour s'inscrire dans une perspective historique et prendre la décision de mettre en place des politiques d'accompagnement qui favorisent les investissements dans le domaine de la réutilisation des eaux non conventionnelles. Cette approche permettra de contribuer au développement durable lié à l'eau, en particulier la cible 6.3, sur la «qualité de l'eau», et la cible 6.4, sur la «gestion durable des ressources en eau», des objectifs de développement durable (ODD).

Cette approche suivie était basée sur:

- des études nationales de diagnostic et d'analyse de l'état de l'art réalisées dans le cadre du projet TCP/SNE/3701;
- des dialogues sur les politiques nationales et la compréhension de l'état de l'art sur l'utilisation non conventionnelle de l'eau en agriculture;
- l'identification de deux sites pilotes dans chaque pays pour exploiter les systèmes les plus adaptés et optimaux pour la collecte, le traitement, le stockage, le transfert et la réutilisation des eaux usées traitées (EUT) et des eaux de drainage pour le développement agricole;
- des études d'analyse coûts-avantages pour les sites pilotes afin de guider leur développement;
- des plans nationaux d'investissement pour les sites pilotes.

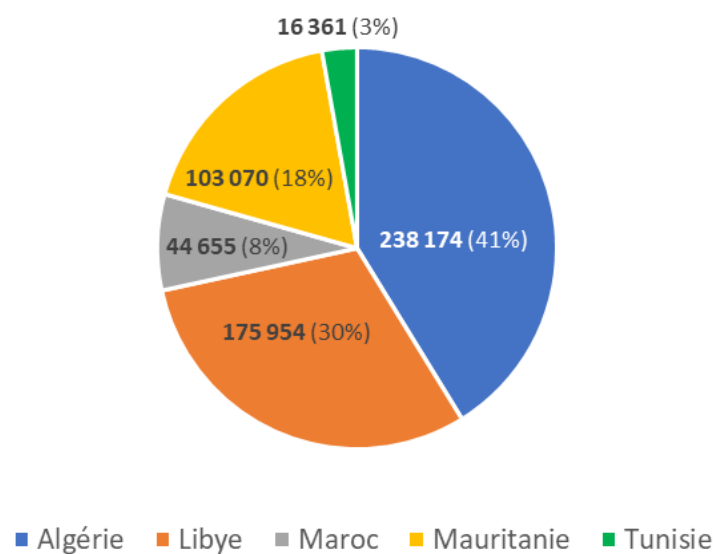
Le présent rapport est une synthèse des études nationales de diagnostic et d'analyse de l'état des lieux réalisées dans le cadre du projet TCP/SNE/3701 «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb». Il se focalise sur l'état des lieux et l'analyse diagnostic de l'utilisation des eaux usées traitées.

2. ANALYSE DU CONTEXTE MAGHRÉBIN LIÉ AUX EAUX USÉES

2.1. Croissance démographique et urbanisation

Les pays maghrébins (Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie et Tunisie), caractérisés par un élan démographique, couvrent une superficie totale de 578 214 000 ha dont la répartition par pays est présentée dans la figure 1. Cet élan montre que la population totale des pays du Maghreb, qui était de 99,267 millions en 2017, passera à 131,9 millions en 2050, soit une augmentation moyenne de 1,3 million d'habitants par an. Cette évolution future de la population maghrébine devrait exercer un impact sur la sécurité alimentaire et la sécurité hydrique en premier lieu ainsi que sur l'environnement, l'agriculture et les ressources en eau, la production des eaux usées et bien d'autres secteurs vitaux.

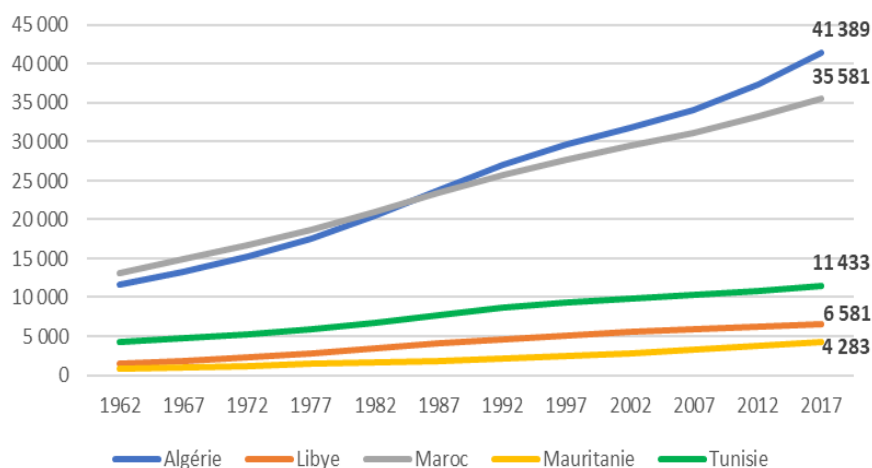
Figure 1. Superficie totale des pays du Maghreb arabe



Source: FAO, 2017.

Cette dynamique démographique maghrébine, différente selon les pays (figure 2) montre que le taux de croissance annuel qui était de 1,8 pour cent entre 1980 et 2017 passera à 1 pour cent entre 2025 et 2050. En effet, les populations de la Mauritanie et de l'Algérie resteraient plus dynamiques avec des taux d'accroissement estimés respectivement à 2,1 et 1 pour cent, entre 2025 et 2050, alors que la Tunisie, le Maroc et la Libye afficheraient des taux de 0,5, 0,7 et 0,7 pour cent respectivement.

Figure 2. Population totale des pays du Maghreb arabe



Source: FAO, 2017.

Cette croissance démographique devrait se produire principalement dans les zones urbaines et périurbaines en développement dans les cinq pays, qui s'urbaniseront plus rapidement que les autres régions et devraient doubler leur population d'ici 2030.

Cette population urbaine maghrébine représente actuellement 63 pour cent de la population totale, soit environ 63 millions d'habitants. La population urbaine représente les pourcentages suivants de la population totale dans les différents pays: Algérie (65 pour cent), Libye (78 pour cent), Maroc (56 pour cent), Mauritanie (41 pour cent), et Tunisie (69 pour cent). Elle est et sera le déterminant principal pour la production des eaux usées dans toute la région du Maghreb.

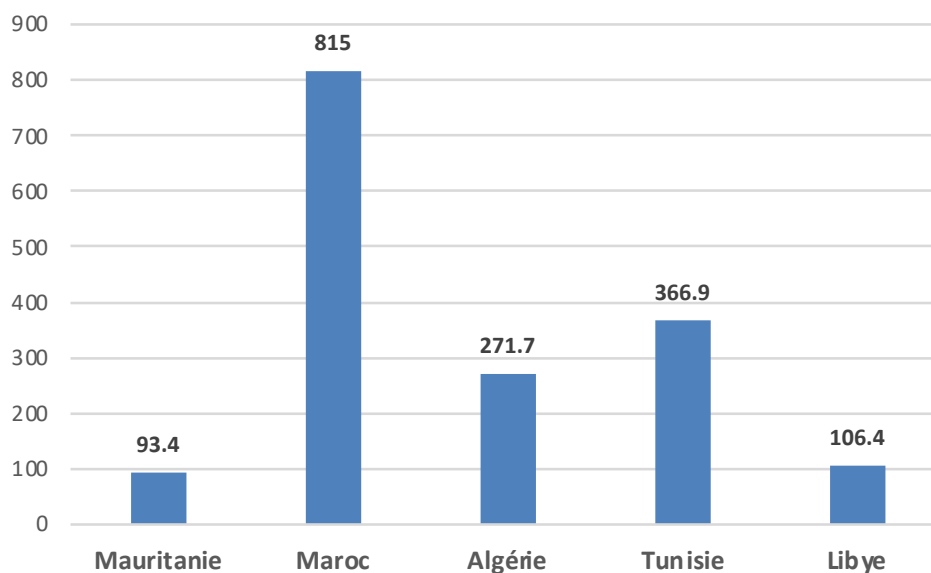
2.2. Augmentation de la rareté d'eau et du stress hydrique dans la région du Maghreb

La région du Maghreb se caractérise par une rareté physique de l'eau due au fait de ne pas pouvoir répondre à toute la demande croissante en eau avec des symptômes liés à une grave dégradation de l'environnement et une surexploitation des ressources en eau. Cette région se caractérise également par une rareté économique de l'eau causée par un manque d'investissement dans le secteur de l'eau en général.

Sur la base du concept de l'indice de stress hydrique, qui est l'indicateur du seuil de disponibilité en eau par habitant, les pays avec des ressources en eau internes renouvelable annuelles supérieures à 1 700 m³/hab/an ne connaîtront qu'un stress hydrique occasionnel ou nul, tandis que les pays aux ressources inférieures à 1 700, 1 000 et 500 m³/hab/an subiront respectivement un stress hydrique, une rareté chronique d'eau et une rareté absolue d'eau.

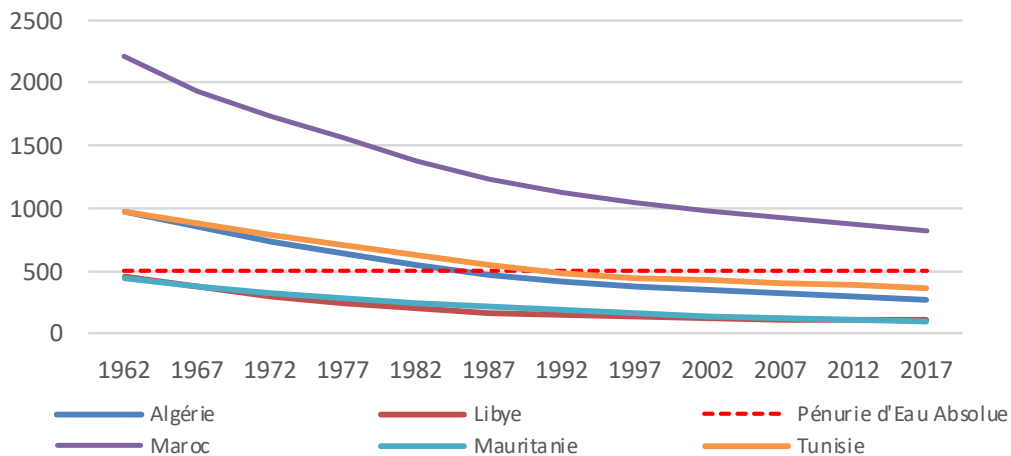
Les figures 3 et 4 montrent que la Mauritanie, l'Algérie, la Tunisie et la Libye disposent de ressources en eau internes renouvelables inférieures à 500 m³/hab/an et connaissent donc une rareté d'eau absolue tandis que le Maroc, avec 815 m³/hab/an connaît une rareté d'eau chronique.

Figure 3. Total des ressources en eau internes renouvelables par pays (m³/hab/an)



Source: FAO, 2017.

Figure 4. Ressources en eau renouvelables internes par habitant dans les pays du Maghreb arabe (m³/hab/an)

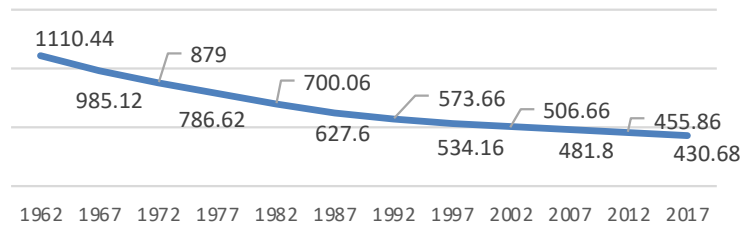


Source: FAO, 2017.

La figure 5 montre bien la décroissance du ratio régional qui passe sous 500 m³/hab/an vers l'an 2000. À partir de cette date, la région du Maghreb souffre d'une rareté d'eau absolue avec une quantité, actuellement, d'environ 410 m³/hab/an.

Outre la rareté de l'eau, les principales caractéristiques des cinq pays du Maghreb sont: i) l'augmentation des températures annuelles moyennes, ii) la réduction des précipitations avec une pression croissante sur les rares ressources en eau conventionnelles, et iii) le changement climatique qui contribue à l'aggravation de la rareté d'eau dans la région.

Figure 5. Ressources en eau renouvelables internes par habitant dans la région du Maghreb arabe (m³/hab/an)



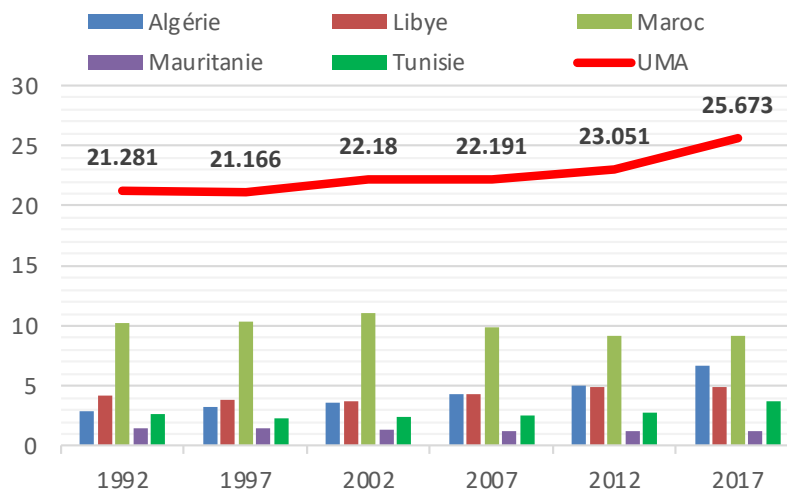
Source: FAO, 2017.

2.3. Concurrence intersectorielle envers les ressources en eau dans la région du Maghreb

Dans la région du Maghreb, le potentiel en eau régularisable est inférieur à 30 milliards de m³/an. Les ressources superficielles représentent 65 pour cent de ce total, mais le potentiel souterrain est loin d'être négligeable, surtout si l'on prend en compte les nappes fossiles du Sahara septentrional.

Outre la croissance démographique rapide, les taux d'urbanisation élevés, en particulier dans les grandes villes et la rareté toujours plus importante de l'eau, la demande en eau agricole ne cesse d'augmenter dans toute la région du Maghreb, pour assurer essentiellement la production alimentaire comme le montre la figure 6, et atteint environ 26 milliards de m³, soit 78 pour cent du potentiel mobilisable.

Figure 6. Prélèvement d'eau pour l'agriculture dans la région du Maghreb (milliards de m³/an)



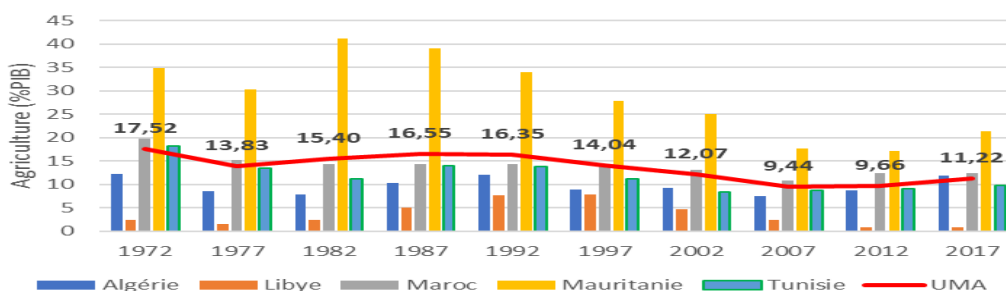
Source: FAO, 2017.

Sachant que la majeure partie de la région du Maghreb est aride à hyperaride, ces systèmes agricoles irrigués et pluviaux contribuent à la productivité globale. Les zones tempérées à fortes précipitations qui ont un climat méditerranéen représentent moins de 10 pour cent de la superficie des terres mais près de la moitié de la population agricole.

Les zones sèches, avec des précipitations inférieures à 300 millimètres par an, représentent 90 pour cent des terres mais moins de 30 pour cent de la population agricole. Les zones irriguées à grande échelle couvrent moins de 2 pour cent de la superficie des terres mais représentent 17 pour cent de la population agricole. Les systèmes agricoles sont diversifiés et déterminés en grande partie par la géographie, le climat et les ressources naturelles.

Dans la région, les principales cultures pluviales sont le blé, l'orge, les légumineuses, les olives, le raisin et autres fruits et légumes. La production céréalière représente les deux tiers de la superficie cultivée (contre une moyenne mondiale de 46 pour cent). La contribution de cette agriculture au produit intérieur brut (PIB) régional est représentée dans la figure 7 et varie entre 10 et 12 pour cent.

Figure 7. Agriculture dans les pays du Maghreb arabe, valeur ajoutée



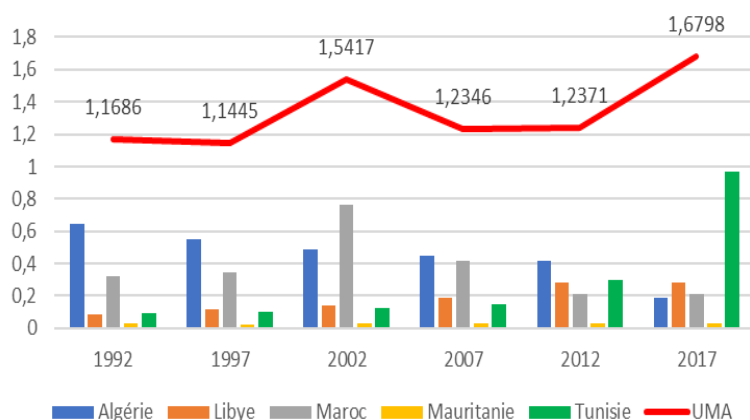
Source: FAO, 2017.

L'agriculture, qui utilise 78 pour cent des ressources en eau –ce qui en fait le premier consommateur-, joue un rôle important dans la satisfaction de la demande alimentaire croissante, raison pour laquelle l'augmentation de l'usage de l'eau à des fins agricoles va de plus en plus accroître la gravité de la rareté d'eau dans toute la région du Maghreb.

La concurrence intersectorielle sur l'eau est plus apparente dans les grands centres urbains, et en particulier dans les zones arides et semi-arides avec une densité importante de population. La concurrence entre les zones urbaines et l'agriculture va en particulier s'intensifier là où les approvisionnements en eau potable sont rares.

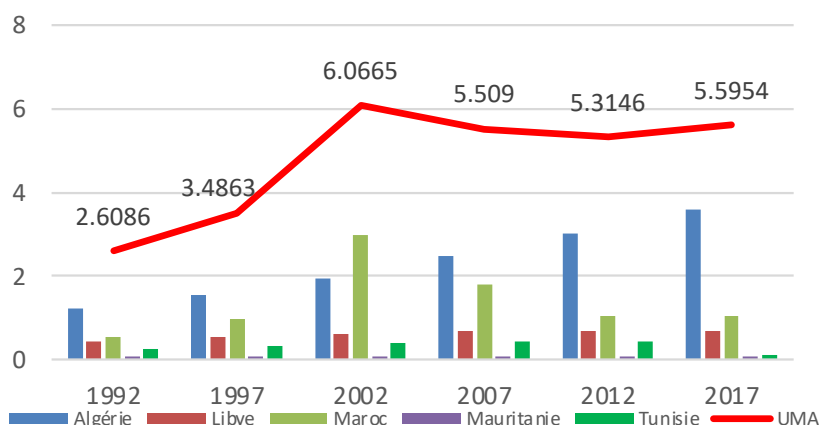
Pour ce qui est des autres secteurs, les variations des usages industriels (figure 8) et municipaux (figure 9) à l'échelle du Maghreb représentent respectivement 17 et 5 pour cent du potentiel mobilisable.

Figure 8. Prélèvement d'eau pour les usages industriels dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m³/an)



Source: FAO, 2017.

Figure 9. Prélèvement d'eau pour les municipalités dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m³/an)



Source: FAO, 2017.

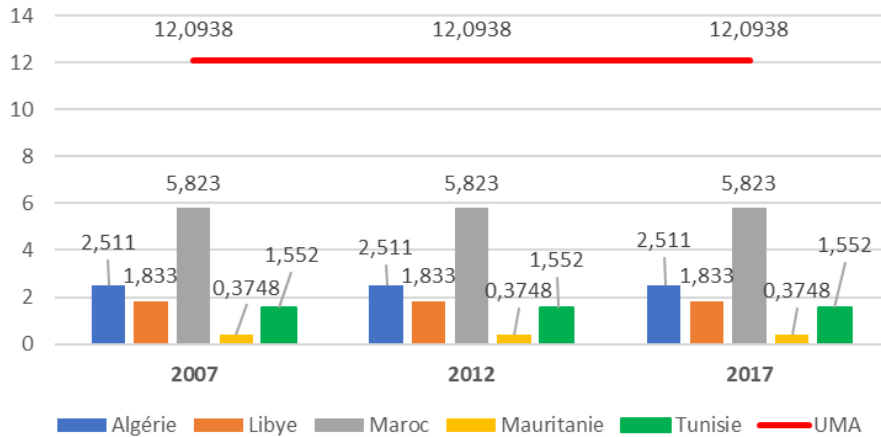
Dans toute la région, les préoccupations en matière de sécurité alimentaire continuent de dominer les discussions des décideurs politiques maghrébins. Même dans les conditions climatiques actuelles, cette sécurité alimentaire, liée directement à la sécurité hydrique et à la concurrence intersectorielle envers les ressources en eau, régulera la dépendance plus ou moins croissante aux marchés internationaux afin d'être suffisante pour assurer un accès stable à des approvisionnements alimentaires abordables pour la population.

Malgré cette concurrence envers les ressources en eau, le Maghreb est la seule région en Afrique qui a atteint les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) visant à lutter contre la faim. Afin de continuer sur cet élan, et malgré les gains de croissance de la production agricole, la concurrence envers les ressources en eau est toujours dominée et tirée par le secteur agricole afin de garantir l'offre nationale de production céréalière. Cette production ne couvre pas la demande et demeure fortement vulnérable aux aléas climatiques. En effet, les superficies en terres agricoles irriguées ont significativement augmenté, ce qui induit une augmentation des besoins en eau, même s'il est à noter une nette amélioration de l'utilisation des techniques d'irrigation économes en eau. Si les investissements agricoles ont augmenté, l'amélioration durable de la production et de la productivité agricoles demeure, dans tous les pays, tributaire d'une régulation optimale des besoins en eau pour tous les secteurs et de l'accroissement significatif des investissements dans la recherche, visant à améliorer les techniques de conservation des sols et de l'eau et à faire face à la vulnérabilité du secteur aux changements climatiques.

2.4. Besoins en eau agricole pour la production alimentaire dans les pays du Maghreb

Dans les pays du Maghreb, l'eau pour l'irrigation et la production alimentaire constitue l'une des plus fortes pressions sur les ressources en eau conventionnelles. La figure 10 montre que, pour les pays du Maghreb où l'eau est une ressource de plus en plus rare, les prélèvements d'eau à des fins agricoles dépassent déjà 12 milliards de m³ par an. Une croissance démographique et des changements dans les habitudes alimentaires augmenteront la consommation alimentaire dans la plupart de ces pays.

Figure 10. Besoins en eau d'irrigation (milliards de m³/an)



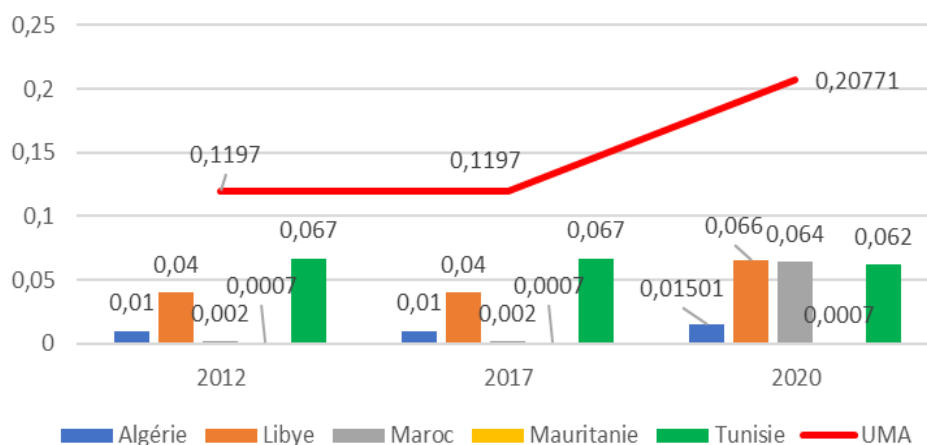
Source: FAO, 2017.

De tous les secteurs économiques, l'agriculture est particulièrement sensible à la rareté d'eau. La demande croissante de produits agricoles est le principal moteur de l'utilisation agricole de l'eau.

L'agriculture joue un rôle important dans la compensation de la demande alimentaire croissante et l'approvisionnement en produits alimentaires. Ces activités agricoles sont très variables d'un pays à l'autre et nécessitent de grandes quantités supplémentaires d'eau pour l'irrigation dans des conditions de stress hydrique, où l'eau conventionnelle - en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation et du changement climatique - devient de plus en plus rare et l'approvisionnement en eau d'irrigation ne peut être assuré que par des eaux non conventionnelles comme les eaux usées.

Dans toute la région, on estime que 208 millions de m³ d'eaux usées traitées sont utilisés pour l'agriculture, ce qui représente uniquement 1,7 pour cent du besoin en eau d'irrigation total pour le Maghreb (figure 11). Il faut noter qu'environ 700 000 m³ sont des eaux usées non traitées ou partiellement traitées, ce qui représente 3,3 pour cent du volume total utilisé.

Figure 11. Utilisation des EUT pour l'irrigation dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m³/an)



Source: FAO, 2017.

2.5. Les eaux usées et les objectifs de développement durable au Maghreb

Les pays de la région du Maghreb ont inscrit les objectifs et les principes du développement durable dans leurs politiques et programmes de développement. Des processus de réformes institutionnelles et réglementaires ont été engagés avec diverses procédures juridiques de plus en plus adaptées aux exigences et aux principes environnementaux avec, par exemple, la mise en place de structures et d'agences comme mécanismes institutionnels et l'identification de stratégies, de programmes et de projets ciblés, renforçant ainsi progressivement le développement durable à travers toute la région du Maghreb.

D'une façon générale, le taux de réalisation des objectifs du développement durable pour la région du Maghreb a atteint une moyenne de 61,4 pour cent, à savoir 67,1 pour cent pour la Tunisie, 66,3 pour cent pour le Maroc, 65,9 pour cent pour l'Algérie et 53,8 pour cent pour la Libye et la Mauritanie.

Tous les pays de la région ont atteint directement et indirectement les cibles liées à l'ODD 6 dans leurs programmes de développement durable. Les grandes lignes pour promouvoir des solutions durables aux défis complexes de la région du Maghreb avec la création d'un cadre pour guider et suivre les réponses lancées par chaque pays sont les suivantes:

- En Algérie, la nouvelle stratégie nationale de l'environnement et du développement durable (SNEDD 2018-2035), prend en charge 14 des 17 objectifs de développement durable dont l'ODD 6 lié à l'eau. Des travaux d'alignement des ODD avec les stratégies sectorielles sous l'égide des groupes thématiques des ODD et du comité intersectoriel de coordination des ODD ont été mis en œuvre.
- Le Maroc a pu mettre au point une approche intégrée et convergente des différentes stratégies sectorielles, dans le contexte de la réalisation des ODD. En effet, les objectifs de développement durable sont inscrits et mis en œuvre à travers des stratégies sectorielles dont la convergence n'est pas toujours assurée et constitue un défi pour le pays. C'est ainsi que la stratégie nationale de développement durable (SNDD 2016-2030) joue le rôle de cadre de référence et de convergence des différentes politiques publiques visant le développement durable en assurant la cohérence entre la stratégie et les ODD, en réorientant le plan d'action en cas de besoin et en évaluant les besoins en financement pour la mise en œuvre.
- La Mauritanie a intégré les ODD et les cibles nationales jugés prioritaires dans sa stratégie de croissance accélérée et de prospérité partagée (SCAPP 2016-2030). Un cadre institutionnel de pilotage, de coordination et de suivi de la SCAPP a été mis en place. Le suivi des ODD fait partie intégrante du système de suivi-évaluation avec une matrice de suivi qui comprend 156 indicateurs incluant les ODD.
- En Tunisie, le plan de développement quinquennal inclut déjà la plupart des ODD. Une intégration totale des ODD et des cibles a été réalisée dans les plans quinquennaux de développement et dans certaines stratégies sectorielles adoptées par le Gouvernement. La stratégie de développement 2030 intègre les ODD et bénéficie d'un programme d'appui à l'intégration et de la mise en place d'un dispositif de suivi-évaluation et d'établissement de rapports concernant les ODD en Tunisie.
- En Libye, compte tenu de l'insistance des autorités et avec le soutien de la communauté internationale, l'assistance technique est en train d'assurer la stabilisation rapide, le recouvrement et la transition vers le développement durable.

Alors que cette région est confrontée à des risques croissants de rareté d'eau, l'approvisionnement en eau reste vital pour la production alimentaire et essentiel pour atteindre les ODD. C'est pourquoi la gestion de l'eau, et spécialement la gestion des eaux usées, est un déterminant essentiel de la capacité des pays du Maghreb à atteindre les cibles de l'ODD 6 appelant à l'amélioration de la gestion des ressources en eau de manière globale, inclusive et intégrée. Les deux indicateurs adoptés par tous les pays du Maghreb pour suivre l'état d'avancement de la cible 6.3 des ODD, qui est la plus étroitement liée à la gestion des eaux usées, sont: i) indicateur 6.3.1: pourcentage des eaux usées traitées de manière sûre et les activités économiques générées par l'utilisation de ces eaux usées traitées; et ii) indicateur 6.3.2: pourcentage des ressources en eau de surface dont la qualité moyenne est bonne et ne présentant aucun risque pour l'écosystème et la santé humaine.

2.6. Aggravation prévisible de la rareté d'eau due aux changements climatiques

Pour les pays du Maghreb, les simulations climatiques à l'horizon 2100 projettent une hausse des températures d'une moyenne de 3 °C, une baisse des précipitations de 20 pour cent en moyenne et une diminution significative des ressources en eau qui pourra atteindre 40 pour cent, surtout dans les régions du nord.

L'engagement clair des pays pour les accords internationaux et leurs ratifications sur le climat et la mise en place des comités nationaux se focalisant sur le changement climatique ont pu orienter leurs politiques de gestion des ressources en eau vers une approche plus proactive, participative et durable mais sans réelle inclusion du développement de ressources en eau non conventionnelles dont les eaux usées traitées font partie.

La gestion des ressources en eau reste un des défis majeurs pour les pays du Maghreb exacerbés par les changements climatiques, comme la lutte contre la désertification, la sécheresse et la dégradation des terres agricoles qui menacent plus de 80 pour cent du territoire de chaque pays. En effet, dans le cadre des plans d'action nationaux de lutte contre la désertification et des stratégies sectorielles, d'importants projets et programmes ont été réalisés mais demeurent insuffisants.

L'adaptation aux changements climatiques fait partie intégrante des contributions déterminées nationales des pays. Néanmoins, des progrès restent à faire sur le plan institutionnel et législatif et pour des mécanismes financiers dédiés pouvant atténuer l'aggravation de la rareté d'eau dans la région.

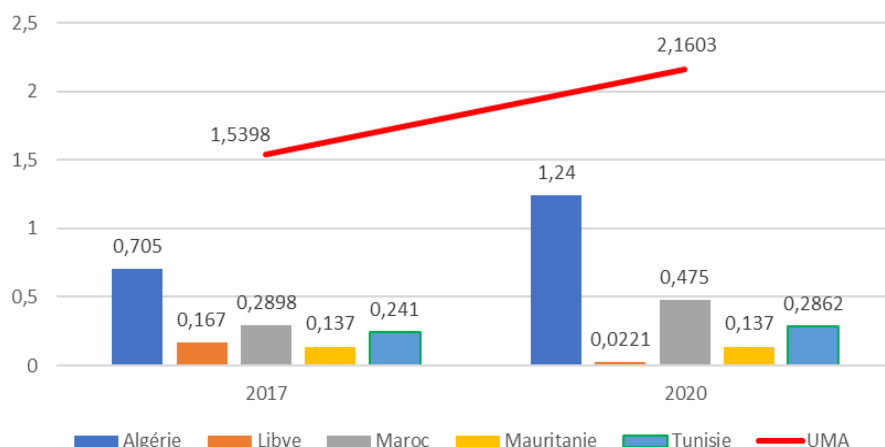
Des faiblesses persistent en matière de connaissances et d'évaluation détaillée des risques majeurs liés à la rareté de l'eau et de leur prise en compte dans les décisions liées à la gestion, la planification, l'investissement et au développement.

2.7. Les eaux usées: un potentiel valorisable pour la région du Maghreb

La rareté d'eau dans la région pousse de plus en plus les gouvernements des pays maghrébins à rechercher des ressources supplémentaires en eau afin de répondre à une demande accrue. De ce fait, les ressources en eau non conventionnelles, dont les eaux usées traitées, pourraient contribuer à répondre à cette demande, en particulier pour le secteur agricole et plus précisément pendant les

périodes de sécheresse. En effet, le potentiel de ces ressources est très important et augmente avec les années. En outre, la région du Maghreb dispose de 537 stations d'épuration dont une seule en Mauritanie et le reste est réparti comme suit: 35 pour cent en Algérie, 26 pour cent au Maroc, 23 pour cent en Tunisie et 16 pour cent en Libye. Elles collectent un volume de 2 160 millions de m³/an d'eaux usées comme le montre la figure 12.

Figure 12. Eaux usées collectées dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m³/an)



Sources: FAO, 2017; SNE 2020.

Un peu plus de 900 millions de m³/an d'eaux usées produites sont traités, dont seulement 16 pour cent sont utilisés. Le tableau 1 montre le potentiel de ces ressources pour tous les pays du Maghreb.

Tableau 1. Volume des eaux usées collectées, traitées et réutilisées (mm³/an)

Pays du Maghreb	Volume collecté	Volume traité	Volume réutilisé
Algérie	1 240	391,7	15,01 (4%)
Libye	22,1	3,9	0,66 (17%)
Maroc	475	220	64 (29%)
Mauritanie	137	0,7	0,8 (114%)
Tunisie	286,2	284,4	62 (7,5% agriculture)
Total	2 160,3	900,7	142,5 (16%)

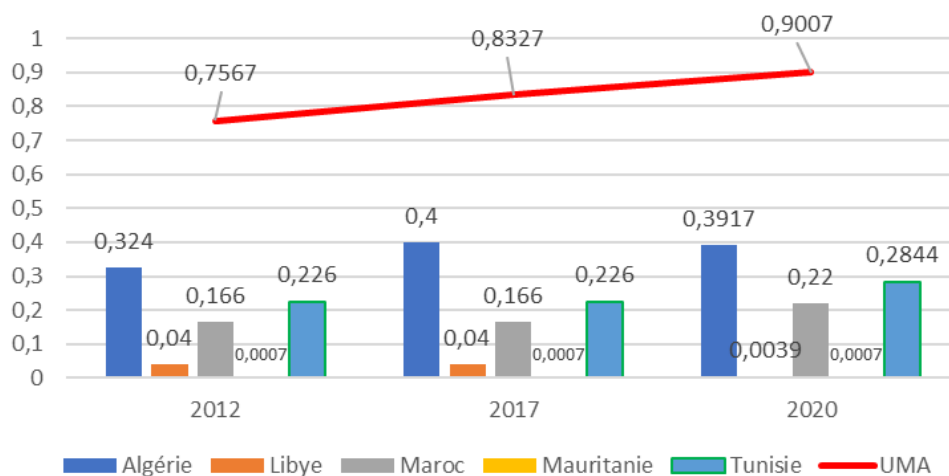
Sources: LEA/UNESCWA/ACWUA, 2016 et FAO, 2020.

D'ici 2030, et selon les stratégies nationales, pour l'Algérie, le Maroc et la Tunisie, ces ressources sont estimées respectivement à 628, 550 et 500 mm³/an.

L'apport de la réutilisation des eaux usées traitées est crucial pour les pays du Maghreb. Le traitement des eaux usées fait bien de plus en plus partie des politiques nationales maghrébines d'adaptation au changement climatique. Ces ressources sont promues comme une alternative stratégique permettant de développer l'irrigation et de sécuriser l'alimentation en eau potable.

Toutefois, le traitement effectif ne porte que sur un peu plus de 900 mm³/an (figure 13) et la réutilisation globale des eaux traitées demeure peu importante dans ces pays. De fait, d'abondantes quantités d'eaux usées traitées sont rejetées dans la nature (mer, cours d'eau, infiltration, perte par évaporation, etc.).

Figure 13. Eaux usées traitées dans les pays du Maghreb arabe (milliards de m³/an)



Source: FAO, 2017; SNE 2020.

Ce problème concerne toutes les stations d'épuration à travers la région en raison d'un manque d'entretien et d'une mauvaise gestion des processus de traitement.

Plus coûteux, le traitement tertiaire reste rare dans toute la région du Maghreb, comparé au niveau secondaire, le plus commun, qui est acceptable pour l'irrigation de l'arboriculture et des cultures fourragères.

Toutefois, le développement du secteur de l'eau potable dans ces pays dépend étroitement, directement et indirectement, du développement des eaux usées, c'est pourquoi les bailleurs de fonds ne cessent d'attirer l'attention des pouvoirs publics de ces pays sur la nécessité d'accorder une attention particulière au devenir des eaux usées. L'incitation à intégrer la réutilisation des eaux usées traitées dans les stratégies nationales de développement des ressources en eau est devenue maintenant une exigence pour l'octroi de fonds dans le secteur de l'eau potable. Cet intérêt pour les eaux usées au regard du développement

agricole et de leur impact direct sur la santé publique et la sécurité hydrique rend urgent le développement du traitement optimal et adéquat.

3. ÉTAT DES LIEUX DU TRAITEMENT ET DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES DANS LES PAYS DU MAGHREB

3.1. État des lieux en Algérie

Avec une politique orientée vers la protection des milieux naturels récepteurs et la mobilisation des ressources hydriques non conventionnelles, l'Algérie comptait 45 stations de traitement et épuration des eaux usées (STEP) en 1999, dont seulement 12 étaient en service avec une capacité cumulée de 90 millions de m³/an.

Actuellement ce chiffre est multiplié par 15, soit 188 STEP en exploitation, avec une capacité de 16 millions équivalent habitant, soit 40 pour cent de la population, et un débit nominal cumulé d'eaux usées brutes de 936 millions de m³/an, dont 400 sont réellement épurées, soit 44 pour cent du débit nominal.

En plus dudit parc déjà opérationnel, le Ministère des ressources en eau compte 55 STEP en cours de travaux avec une capacité totale installée estimée à 4,6 millions équivalent habitant, soit un volume d'eaux usées théorique à traiter de 165,8 millions de m³/an réparties comme suit: i) 34 STEP type boues activées avec une capacité totale installée de 4,34 millions équivalent habitant, soit un volume d'eaux usées théorique à traiter de 153 millions de m³/an, et ii) 21 STEP type lagunage avec une capacité totale installée de 229 586 équivalent habitant, soit un volume théorique d'eaux usées à traiter de 12,8 millions de m³/an.

À ce parc en exploitation et à ceux en cours de réalisation viennent s'ajouter 28 STEP en cours de lancement avec une capacité totale installée de 3,9 millions équivalent habitant, soit un volume théorique d'eaux usées à traiter de 207,1 millions de m³/an.

Les STEP à l'étude sont au nombre de 54, ce qui devrait porter le parc national en matière de traitement des eaux usées à 325 STEP opérationnelles, pour un débit nominal cumulé de 1 407 mm³/an à l'horizon 2030.

La réutilisation des eaux usées traitées, qui a été longtemps délaissée en raison de l'état défectueux du parc de stations d'épuration qu'il a fallu réhabiliter, est devenue un axe important de la nouvelle politique de l'eau. Avec la remise en état des anciennes STEP et la construction de nouvelles stations, plusieurs projets d'irrigations à partir des eaux usées traitées sont en exploitation, en cours de réalisation ou à l'étude.

Selon le dernier inventaire réalisé en matière de réutilisation des eaux usées épurées, 26 STEP sont concernées. Elles disposent d'une capacité de 2,24 millions équivalent habitant, avec un débit nominal de 81 millions de m³/an, soit un débit réel de 35,64 millions de m³/an, correspondant à un taux de réutilisation de 6,19 pour cent au niveau national. Le volume réutilisé en 2018 était de 25,58 millions de m³/an pour une superficie à irriguer de 4 262 ha. Les principales cultures pratiquées sont les grandes cultures, notamment les céréales.

3.2. État des lieux en Libye

L'assainissement (collecte et traitement) en Libye remonte au début des années 1960. La première station d'épuration était établie à Tobrouk, et le nombre de stations d'épuration est actuellement de 85, réparties comme suit: Tripoli: 20, Fezzan: 22, Gulf: 10, Benghazi: 33.

- L'approvisionnement total en eau est estimé à 1 639 014 m³/jour.
- La quantité totale d'eaux usées à traiter est estimée à 1 324 054 m³/jour.
- De 1963 à 2010, des milliers de kilomètres ont été aménagés pour les réseaux d'assainissement et 201 stations de pompage d'une capacité totale de 891 000 m³/jour ont été installées.

Les autorités visent la mise en œuvre de 28 stations d'épuration supplémentaires d'une capacité totale de conception de 735 000 m³/jour.

En 2010, les quantités d'eaux usées traitées étaient très faibles en raison de plusieurs problèmes techniques. Ces quantités étaient pompées vers la mer et vers les exutoires terrestres ou les puits illicites

et étaient estimées à 1 110 022 m³/jour. Ainsi, les quantités d'eaux usées effectivement traitées ne représentaient que 11 pour cent de la quantité totale d'eau à traiter à travers 14 STEP opérationnelles.

Ces STEP fonctionnaient à un rendement très faible et leur capacité était estimée à 145 800 m³/jour. Actuellement, les sept stations d'épuration appartenant à la Société générale de l'eau et de l'assainissement (GWSC) et les deux stations des compagnies pétrolières assurent un taux de traitement de 3,2 pour cent (quantité d'eau traitée par rapport à la quantité d'eaux usées brutes).

Les premiers projets de réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles ont été mis en place à Al-hadba Al-khadra à Tripoli et à Al-Qawarsha à Benghazi durant les années 1970. Le site du projet de développement fourrager de Janzour était le site cible pour la recharge artificielle de la nappe. Des bassins ont été créés sur le site pour l'irrigation et n'ont pas été exploités à ce jour.

Les eaux usées traitées étaient généralement de bonne qualité dans les années 1970, cependant, en raison de l'interférence de l'eau de mer avec l'eau douce souterraine au cours des années qui ont suivi, la qualité de l'eau a radicalement changé, entraînant un niveau de salinité d'environ 5 grammes par litre au cours des années 1990.

Tous ces projets ont été abandonnés et ne sont plus fonctionnels. Afin de capitaliser sur cette expérience, voici quelques informations relatives à ces projets:

Le projet agricole Al-hadba Al-khadra a été l'un des premiers projets pilotes de réutilisation des eaux usées traitées. Il est situé à 7 km au sud de la ville de Tripoli et s'étend au sud jusqu'à la zone de Qasr Bin Ghashir sur une superficie totale de 3 000 hectares. Le projet d'irrigation utilisait des eaux usées traitées fournies par la station d'épuration, qui avait une capacité de 27 000 m³/jour. La production principale était les cultures fourragères vertes et les céréales.

Au début de ce projet, en 1970, la station d'épuration était pleinement opérationnelle et la qualité de l'eau était bonne. Toutes sortes de céréales, de fourrage, de légumes et de fruits étaient cultivées, toutefois, après un certain temps, les agriculteurs ont eu des difficultés à commercialiser les produits agricoles. Une partie de la population refusait le principe de l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation en raison de facteurs psychologiques, sociaux et religieux, et sont venus s'ajouter des dysfonctionnements qui ont entraîné des fluctuations dans la quantité d'eaux traitées. Au fil du temps, le projet s'est réduit et le vrai problème a été le rejet des eaux usées traitées. Par conséquent, pour le résoudre, il a été prévu une deuxième phase de réhabilitation de ce projet qui fait face, encore de nos jours, à plusieurs contraintes.

Un autre projet agricole est celui de Qawarsha, situé à 12 km au sud de Benghazi, avec une superficie de 1 958 hectares entièrement allouée à la production de cultures fourragères et céréalières, dont la luzerne et l'avoine en hiver et le maïs en été. Ce projet utilisait les eaux usées traitées de la station d'épuration de Benghazi. Il s'agissait d'un projet pionnier dans la région orientale (Benghazi) qui s'est poursuivi jusqu'en 1993, date à laquelle la STEP qui alimentait le projet en eaux usées traitées n'a plus été opérationnelle et l'absence de sources d'eaux alternatives a complètement mis fin au projet.

Le projet de fourrage vert de Zawiya est situé, lui, à environ 3 km au sud de la ville de Zawiya. Son objectif est de produire des cultures fourragères vertes (la luzerne comme culture principale, le maïs, l'orge et le blé) pour l'élevage bovin laitier sur une superficie de 500 hectares. La STEP qui dessert ce projet a une capacité de 6 800 m³/jour.

Le projet de Sakat couvre une superficie de 300 hectares avec un système pivot pour l'irrigation des cultures d'avoine, d'orge et de luzerne. Début 2008, un projet a été mis en œuvre pour transporter l'eau de la STEP vers la région de la vallée de Sasso, à 17 kilomètres. Une fois la station d'épuration développée pour atteindre une capacité nominale de 45 000 m³/jour, des bassins ont été établis pour collecter les eaux usées traitées. Le projet a été mis en place afin de créer des forêts et des ceintures vertes dans les vallées ainsi que pour cultiver des zones de cultures fourragères à irriguer grâce à l'eau de ces bassins.

Ce projet était l'un des plus importants de la région centrale, mais il est maintenant techniquement en difficulté en raison de l'absence de processus de traitement et les résultats de l'analyse chimique montrent que l'eau qui entre dans la STEP est de la même qualité que celle qui en sort.

Le projet de fourrage de Janzour a été lancé en 1985 sur une superficie de 505 hectares et comprenait deux réservoirs d'irrigation d'une capacité de 220 000 m³. En outre, 10 systèmes d'irrigation pivots ont été installés. Malgré des stades avancés de mise en œuvre, un plan a été élaboré pour le transformer en zone résidentielle au cours de la période 2006-2008. Les eaux usées traitées de la STEP étaient pompées dans des bassins d'irrigation construits sur le site du projet qui n'en profitait pas, entraînant l'infiltration de grandes quantités d'eau dans les terres allouées au projet, ce qui a conduit à l'échec de la mise en œuvre de ce projet agricole.

Il est possible d'affirmer que la situation actuelle de la plupart des stations d'épuration, de relevage et de pompage est inadéquate. Les STEP se détériorent sur le plan technique et la majeure partie de l'eau qu'elles produisent se déverse dans la mer et sur les exutoires publics, ce qui en fait une grave source de pollution.

3.3. État des lieux au Maroc

La situation actuelle du secteur de l'assainissement urbain a enregistré une évolution remarquable caractérisée par: 1) un taux de raccordement au réseau de l'ordre de 76 pour cent en 2019 contre 70 pour cent en 2005, et 2) un taux d'épuration de 66 pour cent avec émissaires marins et 55 pour cent sans émissaires en 2019 contre 7 pour cent en 2005. Il est à signaler que la gestion du secteur de l'assainissement urbain est assurée par quatre principaux opérateurs, à savoir l'ONEE-Branche Eau, les régies, les communes et les concessionnaires privés.

Le parc des stations d'épuration comprend 141 STEP et huit émissaires marins dont 60 qui assurent un traitement tertiaire; 79 STEP sont en cours de construction dont neuf qui vont assurer un traitement tertiaire. Le volume actuel des eaux usées traitées est de 394,6 mm³ (sans émissaires) et augmentera de 110 mm³ avec les projets de STEP en cours. Le volume traité jusqu'au niveau du tertiaire et donc mobilisable pour la réutilisation s'élève à environ 200 mm³ en 2019, soit 51 pour cent du volume total traité.

Concernant la réutilisation des EUT en agriculture, aucun projet n'est effectivement opérationnel dans le pays. Seuls des projets pilotes, notamment ceux de Ouarzazate, Ben Sergao, Drarga et Attaouia, ont été réalisés et ont permis de développer des référentiels techniques et de renforcer les compétences scientifiques dans le pays.

Certains projets, notamment ceux de Boujâad, Guelmim, Settât, Tiznit et Oujda, ont été initiés depuis 2009-2010 mais restent à nos jours en situation de blocage. Les efforts déployés par le Gouvernement marocain à travers le Département de l'eau et les autres parties concernées sont considérables pour la promotion de la réutilisation.

Pour les trois projets de réutilisation - Settât (Sid El Aÿdi), Oujda (Bounaïm), Tiznit (Doutourgua et Attbane) - le volume total des EUT mobilisables était d'environ 20 mm³/an en 2019. La superficie irrigable aménagée est de 1 100 ha. Ces projets sont dotés de dispositifs d'épuration assez complets (traitement tertiaire) pour pouvoir sécuriser la réutilisation. Des associations d'usagers des EUT ont été mises en place et des conventions multipartites ont été signées. Ainsi, il convient de remarquer que l'opération de filtration est généralisée en vue de rabattre les matières solides en suspension (MES) pour éviter le colmatage des systèmes d'irrigation localisés préconisés comme mode d'irrigation optimal avec les eaux usées traitées pour toutes les cultures projetées, à savoir les arbres fruitiers, la luzerne, les céréales, les cultures fourragères et l'olivier.

Pour les usages non agricoles des eaux usées traitées, il a été mis en œuvre depuis 2012 un intense processus de développement de deux options émergentes, à savoir l'irrigation des golfs et des espaces verts au niveau des villes, comme Agadir, Ben Slimane, Bouskoura, Bouznika, Fnideq, Martil, Marrakech, Rabat, Tanger, Tétouan ou encore Zagora, ainsi que la réutilisation à des fins industrielles, notamment le lavage des phosphates dans les régions de Benguérir, Khouribga et Youssoufia.

D'après les données de l'étude d'élaboration du plan directeur de la réutilisation des EUT en irrigation, le potentiel utilisable est d'environ 13 pour cent dans les zones oasiennes avec une superficie irrigable de 16 900 ha, soit 20 pour cent de la superficie des oasis estimée à 80 000 hectares; pour les zones de montagnes, le potentiel de superficie irrigable est estimé à environ 9 000 ha.

L'analyse diagnostic montre que le Maroc est doté de grandes potentialités de réutilisation des eaux usées traitées. En effet, le volume potentiel des eaux usées utilisables est estimé à 550 millions de m³ à l'horizon 2030, sur un volume total potentiel d'EUT de l'ordre de 1 100 millions de m³. La superficie potentielle irrigable, à cet horizon, varie entre 65 000 ha et 130 000 ha avec l'option de stockage. Ce potentiel est réparti sur les neuf bassins hydrographiques du pays.

Bien que ces superficies ne représentent que 1,4 pour cent de la surface agricole utile (SAU), soit un peu plus de 10 pour cent de la superficie irriguée en grande hydraulique, elles généreraient un impact socioéconomique local très significatif dans des zones caractérisées par un grand déficit climatique.

3.4. État des lieux en Mauritanie

En Mauritanie, l'assainissement collectif n'est présent que dans trois villes (Nouakchott, Nouadhibou et Zouerate) et, dans les trois cas, le réseau d'assainissement est embryonnaire et le service n'est toujours pas performant, en raison du manque de moyens nécessaires pour leur entretien.

À Nouakchott sont présents deux réseaux d'assainissement: l'un en majorité de type pseudo-séparatif, réalisé entre 1963 et 1965, qui est opérationnel et le second, réalisé entre 1977 et 1978, n'est toujours pas opérationnel malgré ses 31 km de canalisations qui devaient couvrir une partie importante de la ville, n'ayant finalement pas été réceptionné par les autorités compétentes.

Le réseau opérationnel, d'un linéaire de 38 km, compte trois stations de pompage et ne couvre qu'environ 4 pour cent de la ville. Le réseau opérationnel comprend quatre stations de refoulement (PR1, PR2, PR3 et PR6). En plus de ce réseau, des camions-citernes servent à acheminer les affluents des eaux usées vers le réseau d'assainissement. Les eaux collectées par ce réseau rejoignent l'unique station d'épuration de la ville.

La STEP de Nouakchott est dotée d'une capacité de traitement journalière de 1 800 m³/jour est assure un traitement à boue activée.

Le premier site maraîcher de la ville de Nouakchott, Sebkha, a été créé en 1963 avec pour objectif de promouvoir l'utilisation des eaux usées de la STEP locale. La superficie de ce site maraîcher s'étendait sur 2 000 m² partagés en 72 parcelles. Quelques années plus tard, en raison de l'exode rural massif vers Nouakchott provoqué par la sécheresse qui a frappé la région, cette superficie a considérablement augmenté et le nombre de parcelles non officielles a atteint 378 en raison de l'occupation illégale de ces terrains. Le site est donc divisé en 450 parcelles réparties comme suit: i) 378 parcelles non officielles comportant 1 707 palmiers, 975 arbres fruitiers et ii) 72 parcelles officielles comportant 662 palmiers et 484 arbres fruitiers.

Cette expérience d'agriculture urbaine utilisant les EUT a contribué à l'approvisionnement régulier de la population de Nouakchott en fruits et légumes (tomates, pommes de terre, menthe, salades, etc.).

À la fin des années 1990, un programme de recherche sur l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine a été conduit à Nouakchott. Ce programme a impliqué des institutions d'enseignement supérieur et de recherche avec des organisations internationales (Organisation mondiale de la santé [OMS], UNICEF), des consultants privés et des organisations non gouvernementales (ONG). Les résultats de ces recherches ont conclu que les eaux usées sont soumises à une forte pollution. En conséquence, l'État a décidé d'arrêter définitivement l'utilisation des eaux usées en agriculture, notamment le maraîchage dans le site de Sebkha.

3.5. État des lieux en Tunisie

L'assainissement collectif est bien développé et permet la collecte des eaux usées via des réseaux de collecte pour être traitées au niveau des stations d'épuration. Le taux de raccordement au réseau d'assainissement en milieu urbain est de 86,2 pour cent. À l'intérieur des zones d'intervention de l'Office national de l'assainissement (ONAS), le taux de raccordement est également bien développé et atteint 90,3 pour cent.

La majorité des raccordements sont domestiques (80,4 pour cent) et viennent en deuxième position les rejets d'origine industrielle (16,2 pour cent). Les raccordements touristiques sont de très faible importance, soit 3,4 pour cent seulement.

Les concentrations moyennes pondérées des eaux usées arrivant à l'entrée des STEP en demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5), en demande chimique (DCO) et en MES sont respectivement de: 404 mg/l, 987 mg/l, 453 mg/l. Pour l'ensemble du territoire tunisien, 26 STEP reçoivent des eaux usées non conformes aux normes de rejet dans le réseau d'assainissement (caractérisées par des concentrations DCO annuelles moyennes >1 200 mg/l).

La plupart des raccordements industriels (68 pour cent) engendrent de sérieux problèmes pour le traitement des eaux collectées. En effet, par manque de contrôle, la plupart des industriels rejettent des effluents non conformes aux normes en vigueur dans le réseau d'égouts de l'ONAS. Cette situation impacte la qualité des eaux brutes, engendre des problèmes au niveau des STEP et, finalement, affecte la qualité des EUT pouvant être réutilisées.

Des raccordements autres que domestiques affectent la qualité des eaux usées collectées et engendrent par conséquent des problèmes au niveau des stations d'épuration. Citons à titre d'exemple le cas des rejets des hammams traditionnels d'El Hamma (Gabès), les rejets des abattoirs constatés au niveau des STEP d'Ouardanine, d'El Fahs, de Médenine, de Siliana et les rejets illicites de margine dans le réseau d'assainissement (STEP de Sfax Sud).

Selon son rapport d'activité de 2018, l'ONAS intervient dans 178 communes. Les eaux usées collectées sont traitées au niveau de 122 STEP: 113 urbaines dont trois mises en service en 2018 (Kantaret Binzart, Makther et Soussé Hamdoun), huit rurales et une industrielle. Le débit d'eaux usées traitées par ces stations dont les capacités sont très variables est d'environ 949 241 m³/jour, soit 346,5 millions de m³/an.

En lien avec la densité de population, 33 pour cent des STEP sont implantées au nord-est du pays, 24 pour cent au Sahel et à Sfax, 16 pour cent au nord-ouest, 12 pour cent au sud-est, 9 pour cent au centre et 6 pour cent au sud-ouest.

L'analyse des dates de création de ces STEP montre que leur construction fait partie de la stratégie d'assainissement du pays depuis plusieurs dizaines d'années. En fait, 18 stations sont installées depuis plus de 30 ans et 43 stations depuis une période comprise entre 15 et 30 ans. Il s'agit ainsi pour une bonne partie (50 pour cent) d'un parc vieillissant et parfois en saturation, comme dans le cas des STEP de Gafsa, Siliana et SE3.

Le parc des stations d'épuration est majoritairement composé de stations d'épuration de type boues activées. Ce type de traitement est adopté au niveau de 95 STEP. Vient en deuxième position le procédé de traitement par lagunage qui est adopté par 12 pour cent des STEP. Le traitement des paramètres microbiologiques est actuellement peu développé en Tunisie et est mis en place seulement pour 25 STEP ayant, généralement, des projets d'irrigation. Toutefois, l'utilisation de ce traitement se limite souvent à la période d'irrigation (par ex., le traitement tertiaire: filtre à sable et UV au niveau de la STEP de Kairouan équipée par l'ONAS ou épisodique, par ex. au niveau du périmètre irrigué (PI) d'El Aguila à Gafsa où la station de pompage est équipée d'un système de traitement complémentaire: filtre à sable et à disque). Soixante-dix pour cent de ces stations ont plus de 15 ans, 23 pour cent ont entre 5 et 15 ans et 6 pour cent sont de nouvelles stations construites au cours des cinq dernières années.

Trente-sept STEP ont des installations pour la réutilisation des EUT: 31 irriguent 32 périmètres irrigués, sept irriguent 10 terrains de golf, une mixte irrigue un terrain de golf et un périmètre public irrigué (PPI) et deux sont affectées à la recharge des nappes.

Le volume des EUT a connu une évolution importante et est passé de 167 millions de m³/an en 1996 à 274,43 millions de m³/an en 2018, et ce, suite au développement des stations d'épuration dont le nombre est passé de 9 en 1996 à 122 en 2018 ainsi que du taux de branchement au réseau d'assainissement qui est actuellement de 86,2 pour cent.

Les EUT sont produites à hauteur de 82 pour cent au nord-est et au centre-est de la Tunisie.

La réutilisation des EUT a démarré en Tunisie en 1965 avec le projet du périmètre irrigué de Soukra dans le Grand Tunis puis celui de l'oued Souhil à Nabeul. Ces deux périmètres étaient irrigués par des puits de surface qui ne pouvaient plus subvenir aux besoins en eaux des cultures pratiquées en raison d'une surexploitation et d'une salinisation de la nappe. Suite à cette expérience, de nouveaux périmètres ont

vu le jour dans les années 1980 et 1990 dans le Grand Tunis et les gouvernorats de Sousse et de Sfax. Par la suite, d'autres projets ont été créés dans les zones intérieures et dans le sud du pays.

Par ailleurs, de petits projets de réutilisation des EUT pour: (i) l'arrosage de terrains de golfs et d'espaces verts en particulier autour des STEP, (ii) la recharge des nappes, et (iii) la valorisation écologique ont commencé à être mis en place à partir des années 1970-1980 mais ils sont généralement peu importants par rapport à la réutilisation dans le secteur agricole qui constitue l'essentiel de la valorisation des EUT en Tunisie.

En Tunisie, la superficie totale des périmètres aménagés pour être irrigués par des EUT est de 8 532 ha répartis sur 32 périmètres situés dans 17 gouvernorats; 73 pour cent de la superficie totale irrigable se situent dans la zone nord du pays, dont 55 pour cent au niveau du Grand Tunis.

Sur les 32 périmètres irrigués aménagés, six, d'une superficie égale à 1 905 ha, ne sont pas fonctionnels à l'état actuel en raison de problèmes liés essentiellement à la qualité des EUT:

- Le périmètre de Mornag (1 087 ha) dans le gouvernorat de Ben Arous: l'irrigation de ce périmètre a été suspendue en 2005 pour des raisons liées à la qualité des EUT et il est, depuis, irrigué par des eaux de forage et le canal Medjerda-Cap Bon.
- Les périmètres irrigués Bouteffaha (354 ha) et Mjez El beb (100 ha) à Béja, Semmana (180 ha) à Kef et Sidi Ahmed (174 ha) à Bizerte: après la réalisation des aménagements, les agriculteurs se sont montrés réticents en raison de la qualité des eaux et de la disponibilité d'eau conventionnelle (eau de pluies, barrages).
- Le périmètre de Sayada-Lamta-Bouhjar (50 ha) à Monastir: depuis 2013, ce périmètre n'est plus alimenté en EUT en raison de la mauvaise qualité des eaux traitées produites par la STEP Sayada qui a été abandonnée par l'ONAS et ses eaux usées seront transférées vers la STEP d'El Frina à Monastir pour être traitées et rejetées en mer par un émissaire.

Il est à noter que 38 pour cent des périmètres aménagés se situent au nord-est du pays où sont produits environ 56 pour cent des EUT de tout le pays. Ces périmètres représentent 65 pour cent de la superficie totale aménagée pour être irriguée par les EUT en Tunisie.

L'assolement varie d'une saison à l'autre mais il s'agit toujours des mêmes cultures, à savoir, pour la saison 2018: arboriculture: 41,5 pour cent, fourrages: 40 pour cent, grandes cultures: 9 pour cent, agrumes: 6 pour cent, autres: 3 pour cent, cultures industrielles: 0,5 pour cent.

L'analyse de la documentation disponible montre que les superficies irriguées varient en fonction des années et, depuis 2011, la superficie irriguée n'a pas dépassé 3 000 ha et tend à diminuer.

Durant la campagne agricole 2018, la superficie mise en culture était de 3 170 ha et la superficie irriguée de 2 685 ha. Les cultures pratiquées sont dominées par l'arboriculture et les cultures fourragères (orge en vert, luzerne, sorgho fourrager, bersim) qui occupent respectivement 48 et 40 pour cent de la superficie irriguée. Les cultures céréalières ont été pratiquées sur une superficie de 279 ha durant cette campagne. Ces cultures sont dominées par la culture du blé tendre ou dur et de l'orge grain.

Le taux d'intensification moyen au niveau des périmètres irrigués par les EUT était de l'ordre de 50 pour cent au cours de l'année 2000 et a diminué ces dernières années à 30 pour cent. Durant la campagne 2018, 42 pour cent des PI irrigués par les EUT ont enregistré un taux d'intensification supérieur ou égal à 100 pour cent.

4. ANALYSE DES DÉFIS COMMUNS MAGHRÉBINS POUR LE DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX USÉES

4.1. Défis économiques et d'investissements

Dans la majorité des pays du Maghreb, le recouvrement intégral des coûts des systèmes de collecte, traitement et réutilisation des eaux usées traitées est souvent problématique. Les coûts d'exploitation et d'entretien des infrastructures d'assainissement sont le plus souvent couverts par des subventions

gouvernementales en raison du manque d'institutionnalisation de la responsabilité de prise en charge du coût-interface entre le pollueur/consommateur de l'eau potable et l'utilisateur des eaux usées traitées.

Le coût de traitement complémentaire ainsi que celui inhérent aux autres ouvrages connexes (stockage, pompage, réseau de distribution, etc.) ne sont pas pris en charge par les utilisateurs des eaux usées traitées. Généralement, ces coûts dépassent très souvent la capacité des agriculteurs à payer pour les EUT, même dans le cas de rareté d'eau. Ainsi, les subventions gouvernementales s'avèrent nécessaires. Ces subventions permettent de promouvoir la réutilisation et de récupérer les coûts des externalités positives qui se traduisent par la protection des ressources en eau à travers le détournement des éléments nutritifs dans la biomasse végétale, et par le renforcement de l'offre en ressources en eau. Subsidiairement, si l'insuffisance des subventions gouvernementales est à prévoir, l'absence de financement peut conduire à l'entretien différé, à un mauvais fonctionnement et à la détérioration du système. Ceci va entraîner une mauvaise qualité des eaux usées traitées et constituer un obstacle supplémentaire au développement économique. La mauvaise qualité de ces eaux freine entre autres la productivité agricole dans les périmètres qu'elles irriguent. En effet, l'eau contaminée peut affecter directement et indirectement les activités économiques, en limitant par exemple l'exportation de certaines marchandises en raison de restrictions sur des produits contaminés.

Tandis que la pollution des milieux naturels par l'utilisation des eaux usées traitées peut entraver les activités économiques, le tourisme lui-même et la demande croissante en installations respectueuses de l'environnement peuvent servir de levier pour les investissements dans l'entretien des environnements naturels, et agir par conséquent comme un facteur de motivation supplémentaire pour améliorer la gestion des eaux usées traitées dans tous les pays de la région. En effet, lorsque le rejet d'eaux usées provoque des dommages à l'environnement, des coûts externes sont générés, entraînant la perte des avantages potentiels de l'utilisation des eaux usées.

Le déficit d'investissements est profond dans cette région du Maghreb. Les systèmes actuels de tarification ne reflètent pas les valeurs économiques et les coûts d'investissement pour la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture. Ainsi, les incitations économiques ou financières existantes n'ont pas réussi à améliorer les taux globaux de réutilisation qui demeurent faibles. Les modèles de financement, lorsqu'ils existent, sont généralement basés sur une combinaison de frais d'opération et de subventions qui ne tiennent pas compte des bénéfices liés à la préservation environnementale et sanitaire d'une réutilisation saine des eaux non conventionnelles.

L'amélioration de la gestion des eaux usées dans les pays du Maghreb est aussi un argument économique afin de réduire au minimum les répercussions négatives qu'elles peuvent entraîner et de maximiser les bénéfices qu'elles peuvent générer. Si les eaux usées sont reconnues comme un bien économique, les eaux usées convenablement traitées peuvent avoir une valeur positive tant pour ceux qui les produisent que pour ceux qui les consomment.

Enfin, les partenariats entre les secteurs publics et privés restent très limités à travers toute la région du Maghreb et pourtant ces partenariats peuvent remplacer les conventions ou arrangements traditionnels dont la plupart ont échoué, en particulier dans la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) en agriculture.

Ces partenariats devraient permettre de faire face aux défis de la REUT qui sont: la perception par les usagers, le financement public et les modalités de tarification garantissant la viabilité financière des projets de réutilisation.

4.2. Défis politiques

Les ressources en eau non conventionnelles, et en particulier les eaux usées traitées, ne font généralement pas partie des politiques nationales de l'eau pour lutter contre la rareté d'eau dans les pays du Maghreb.

Il convient aussi de souligner l'absence de stratégies nationales claires et de plans d'actions prenant en compte les ressources en eau non conventionnelles dans le cadre des allocations nationales d'eau.

Dans ce contexte, les politiques et approches adoptées ne reconnaissent pas les eaux usées comme une ressource et ne mettent pas en exergue le lien étroit entre les services écosystémiques et le bien-être

humain. Par ailleurs, il y a un manque de mise en œuvre de politiques de normes de qualité bien adaptées au contexte de chaque pays, essentielles pour la prévention des répercussions négatives sur l'environnement et la conservation des écosystèmes naturels. Lorsque ces politiques existent, la capacité à les appliquer efficacement fait souvent défaut.

La non-intégration de la REUT dans les politiques initiales de planification de l'assainissement basées sur la protection du tourisme a conduit à l'installation de stations d'épuration qui se limitent au traitement secondaire, ce qui a entraîné une réutilisation très restrictive et le désintérêt des agriculteurs, malgré la baisse continue des tarifs appliqués au mètre cube d'eau épurée produit.

Les politiques tarifaires en matière d'eaux usées et les politiques adoptées pour la prise en charge du traitement complémentaire se heurtent à l'absence de mécanismes institutionnels et financiers dédiés. Toutefois, pour passer d'une réutilisation restrictive à une réutilisation non restrictive, il faut réhabiliter les STEP et mettre en place un traitement complémentaire, non institutionnalisé et générant un surcoût qui rendrait le recouvrement quasi-impossible en dehors d'une forte subvention par l'État.

Les politiques sécuritaires pour la santé et l'environnement ont juste incité à un traitement poussé et à des alertes de la part des institutions en charge de la protection de la santé humaine et de la sécurité des aliments. Et pourtant, dans plusieurs localités dans la région maghrébine, la réutilisation des eaux usées brutes s'opère de manière non contrôlée.

Les politiques liées au développement des capacités et à la sensibilisation des usagers des EUT ont des impacts très limités comme le montre la réticence chez les agriculteurs et les usagers ainsi que chez les consommateurs.

4.3. Défis liés aux législations

Dans la majorité des pays du Maghreb, il n'y a pas de cadres législatifs appropriés pour institutionnaliser l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles de manière globale. Seuls quelques cadres réglementaires et certaines directives et normes existent pour la réutilisation des eaux usées traitées.

Depuis 1989, les premières directives de réutilisation des eaux usées ont été établies par l'OMS. Ces directives se basent sur la conformité à des seuils de qualité, notamment pour les spécifications relatives à la contamination biologique.

Les pays de la région du Maghreb, ayant un contexte climatique et des systèmes d'exploitation agricoles comparables, décrètent des normes souvent différentes qui changent constamment et dont la mise en conformité nécessite un traitement poussé et un protocole de suivi économiquement contraignant.

Ces facteurs constituent des contraintes principales pour le développement de la réutilisation de ces ressources. Les normes de réutilisation adoptées varient d'un pays à l'autre et ont subi des révisions répétées qui les ont rendues plus ou moins restrictives.

La réglementation dans les pays du Maghreb se caractérise par quelques ambiguïtés, dont notamment l'amalgame entre les normes de rejet et les normes de réutilisation, et l'interdiction ou la réticence assez récurrentes à l'égard de l'irrigation des cultures dont les produits sont consommés à l'état cru ou destinés à l'exportation. Il y a le plus souvent une situation conflictuelle entre la logique de développement de la réutilisation en tant que mesure d'adaptation de l'agriculture au changement climatique et la logique de sécurisation sanitaire et environnementale.

Dans la région du Maghreb, la Tunisie et le Maroc ont instauré des cadres réglementaires et législatifs résumés ci-dessous et en cours d'amélioration.

En Tunisie, le Code des eaux, promulgué par la loi n° 75-16 du 31 mars 1975, constitue le texte de base de tout projet impliquant la gestion de l'eau. Il a été modifié par la loi 2001-116 du 26 novembre 2001 qui a enrichi le dispositif de mobilisation des eaux fondée sur le développement des ressources hydrauliques, y compris l'exploitation des ressources non conventionnelles. Conformément à l'article 87 du nouveau Code des eaux, la réutilisation des eaux usées traitées à des fins de production et de service

est un des moyens de développement des ressources hydrauliques. Elle peut, également, servir pour la recharge artificielle des nappes souterraines. La production et l'utilisation des ressources hydrauliques non conventionnelles sont aussi autorisées lorsqu'elles répondent aux conditions spécifiques de la consommation et de l'utilisation privées ou pour le compte d'autrui dans une zone industrielle ou touristique intégrée et déterminée.

Toutefois, cette vision, adoptée depuis près de 20 ans, ne s'est pas encore traduite par un dispositif juridique spécifique. En fait, à l'exception de l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, il existe un vide juridique pour les autres types d'utilisations, tels que l'arrosage des espaces verts, la recharge des nappes ou tout autre type d'usage.

Cette nouvelle version du Code des eaux, une fois approuvée, devra apporter une révision et un développement du cadre réglementaire pour les EUT pour que tous les types d'usages soient concernés. Au Maroc, depuis la publication de la loi 10-95 sur l'eau, 28 décrets d'application ont été publiés. Ils portent sur la création des agences de bassins hydrauliques, la composition et le fonctionnement du Conseil supérieur de l'eau et du climat (CSEC), les Plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau (PDAIRE), le Plan national de l'eau (PNE), les redevances pour l'utilisation de l'eau, l'octroi des autorisations de forage, les délimitations du domaine public hydraulique et des zones d'interdiction et de protection, les normes de qualité des eaux, l'inventaire du degré de pollution des eaux et l'utilisation des eaux usées, et la possibilité d'accorder des aides financières pour les investissements pour la mobilisation des ressources, et pour leur économie ou leur protection.

Toutefois, l'assainissement et la valorisation des sous-produits de l'assainissement n'ont pas été suffisamment pris en charge par cette loi bien qu'un décret relatif à la réutilisation des eaux usées et un arrêté définissant les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation aient été publiés. Ainsi, depuis la troisième session du Conseil supérieur de l'eau et du climat (CSEC) tenue en 1988, dédiée entre autres à la pollution de l'eau et la réutilisation des eaux usées au Maroc, on assiste à une réutilisation «non contrôlée» des eaux usées brutes, favorisée par un contexte marqué par un déficit en assainissement couplé à un déficit hydrique accentué par des périodes récurrentes de sécheresse. Cette situation a perduré au-delà de la mise en place du Plan national de l'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées (PNA) en 2006, et bien que le taux d'épuration ait augmenté de manière soutenue, passant de moins de 10 pour cent en 2008 à plus de 50 pour cent actuellement.

La seconde édition de la loi 36-15 sur l'eau, promulguée en 2015, intègre de nouvelles dispositions dédiées à la gestion et la valorisation des eaux non conventionnelles, notamment les eaux usées (première section du chapitre V, articles 64-71).

4.4. Défis institutionnels

Il y a de multiples ministères, administrations et agences (eau, agriculture, énergie, environnement, affaires municipales, santé) impliqués dans l'utilisation des eaux non conventionnelles avec, parfois, des objectifs contradictoires, des responsabilités qui se chevauchent et souvent des déficits de communication.

L'implication des parties prenantes, en particulier des usagers et des agriculteurs, est généralement négligée. Les capacités nationales en matière d'analyses des coûts-bénéfices et des coûts d'opportunités pour tous les usages des eaux non conventionnelles nécessitent un appui particulier pour tous les pays du Maghreb.

Par exemple, en Tunisie, la gouvernance de la réutilisation des eaux usées traitées implique en premier lieu le Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche qui a la responsabilité d'administrer le domaine public hydraulique, le Ministère des affaires locales et de l'environnement qui a un rôle central dans le contrôle et la protection de l'environnement et le Ministère de la santé qui est en charge du contrôle sanitaire des eaux (eau de boisson, eau minérale, eau usée brute et traitée et eaux de baignade).

D'autres ministères interviennent aussi dans le secteur des EUT comme le Ministère du tourisme et de l'artisanat, le Ministère de l'industrie et des petites et moyennes entreprises (PME) ou le Ministère de l'énergie, des mines et des énergies renouvelables.

La recherche, les bailleurs de fonds, les industriels, des groupements d'usagers ainsi que des associations de la société civile implantées au niveau des régions viennent compléter le panorama des parties prenantes de la REUT en Tunisie.

En Mauritanie, la Société nationale d'eau (SNDE) s'occupait de la gestion de l'ancien et unique réseau d'égouts fonctionnels de Nouakchott avant la création, par décret du 14 avril 2009, de l'Office national de l'assainissement (ONAS) en prévision de l'arrivée d'importantes quantités d'eau potable grâce au projet Aftout es-Saheli afin d'assurer la gestion de ses rejets d'eaux usées.

L'ONAS exerce ses activités sur tout le territoire national et a pour rôle:

- la réalisation et la gestion des réseaux d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales;
- la réalisation et la gestion des stations d'épuration des eaux usées.

De manière plus détaillée, l'ONAS est chargé, dans le domaine de l'assainissement collectif et individuel en milieu urbain et péri-urbain, de la planification des interventions, de la recherche de financement des projets, de la maîtrise d'ouvrage des travaux, de la facturation et de l'encaissement des petits travaux liés à l'exploitation.

4.5. Défis liés aux aspects environnementaux et sanitaires

La majorité des services d'assainissement et de traitement des eaux usées dans les pays du Maghreb ne préviennent pas efficacement le contact humain avec les excréments tout au long de la chaîne d'assainissement et ne peuvent pas donc être considérés comme étant gérés en toute sécurité. Les impacts environnementaux et sanitaires ainsi que les risques associés à la réutilisation des eaux non conventionnelles pour le développement agricole n'ont malheureusement pas été étudiés en profondeur au niveau des pays du Maghreb. Les maladies liées aux eaux usées et à l'assainissement restent largement répandues.

Améliorer l'assainissement et le traitement des eaux usées constitue également une stratégie d'intervention clé pour combattre et enrayer de nombreuses maladies. L'accès à des installations sanitaires améliorées peut contribuer significativement à la réduction des risques pour la santé.

Le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement a un impact sur la qualité de l'eau, qui à son tour affecte la quantité des ressources en eau disponibles pour un usage direct. Les préoccupations concernant la qualité de l'eau sont une dimension importante de la sécurité hydrique dans les pays du Maghreb. Depuis plusieurs années, la pollution de l'eau est en hausse dans les pays de la région, en raison de l'augmentation des quantités d'eaux usées due à la croissance démographique.

4.6. Défis techniques et technologiques

Pour tous les pays du Maghreb, il existe un besoin important de renforcement des aspects techniques liés à la programmation, la planification, la gestion, le financement, la mise en œuvre et l'exploitation des projets d'eaux non conventionnelles, en particulier pour la réutilisation des eaux usées traitées.

Des solutions techniques optimales sont encore à trouver pour remédier à la menace sur la qualité des EUT et la performance des procédés d'épuration occasionnée par les rejets industriels dans les réseaux d'assainissement occasionnant des surcharges hydrauliques dans les STEP.

Les techniques d'irrigation, spécialement la micro-irrigation, qui s'adaptent à l'irrigation avec les eaux usées traitées peuvent consolider la norme contraignante relative à la qualité des eaux usées traitées destinées à l'irrigation.

Les conventions de partenariat relatives aux projets de réutilisation en agriculture, basées sur le souci de sécurisation, ont fixé pour objectif la promotion de la réutilisation en tant qu'alternative au déficit en ressources en eau conventionnelles.

Compte tenu de la multitude des parties prenantes et acteurs institutionnels, de leurs structures déconcentrées et des usagers des eaux usées traitées, l'encadrement technique et opérationnel de la

collecte, du traitement, de la réutilisation, de la gestion et de la maintenance des ouvrages connexes (station de pompage, station de filtration, bassin de stockage, etc.) reste un défi majeur pour tous les pays du Maghreb.

Les techniques et opérations de traitement complémentaire ainsi que les techniques de stockage des eaux usées traitées sont identifiées comme besoins nécessaires pour assurer un traitement partiel ou parce que les tendances de l'offre peuvent ne pas correspondre à la demande (par ex., les variabilités saisonnières). Les eaux usées collectées vont suivre certaines procédures au niveau de l'usine de traitement des eaux usées avant d'être réutilisées.

4.7. Défis sociaux

L'acceptation, l'adhésion, l'appropriation et la participation des usagers qui sont les piliers de la dimension sociale sont souvent négligées dans les pays maghrébins. La plupart du temps, les décisions d'investissement dans la réutilisation des eaux usées traitées sont prises par les institutions du secteur de l'eau sans évaluation et consultation appropriée des agriculteurs, et surtout des usagers de l'eau.

La réticence des agriculteurs à la réutilisation des eaux usées traitées est souvent due à des raisons de crainte relative aux risques sanitaires. Dans certains pays, les usagers ont eu recours parfois à l'utilisation des eaux usées brutes en l'absence de toute autre alternative malgré le suivi et le contrôle.

L'implication des agriculteurs dans la prise de décision à tous les niveaux favorise leur engagement et leur adhésion à tout projet de réutilisation des eaux usées traitées. C'est le cas, notamment, des décisions relatives aux types d'installations d'assainissement souhaitables et acceptables, et à la façon dont elles peuvent être correctement financées et entretenues à l'avenir.

Les perceptions, la sensibilisation aux risques et la division du travail selon le sexe sont aussi des déterminants importants de la façon dont les gens vont protéger leur propre santé et celle des autres s'agissant de l'utilisation des eaux usées pour la production alimentaire.

La perception du public influence la prise de décision et limite ce qu'il est possible de mettre en œuvre, surtout s'agissant de la réutilisation de l'eau. Certaines possibilités de réutilisation économiquement rationnelles ne sont parfois pas viables, par exemple en raison de la perception selon laquelle les matières fécales peuvent encore être présentes dans des eaux usées dont le traitement est potentiellement insuffisant.

5. ANALYSE DES RÉPONSES DES PAYS DU MAGHREB POUR LE DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX USÉES TRAITÉES

5.1. Maroc

Face à cette situation de sous-valorisation du potentiel de réutilisation, diverses initiatives sont mises en place aussi bien par les départements de l'eau et de l'agriculture et le Ministère de l'intérieur que par les opérateurs, notamment l'ONEE-Branche Eau, qui visent le développement de la réutilisation des eaux usées traitées (jusqu'au niveau tertiaire) à travers l'organisation des usagers et le refoulement des EUT vers les exploitations agricoles en aval des STEP. Ces initiatives coïncident également avec un environnement national facilitateur dans la mesure où la réutilisation des eaux usées traitées s'affiche comme une pratique à promouvoir pour le renforcement de l'offre en ressources hydriques et la résorption du déficit hydrique dans les zones à déficit climatique.

La réutilisation des EUT dans l'irrigation des cultures est devenue une composante de la politique nationale de l'eau. C'est pour cet objectif de valorisation qu'un Plan national de réutilisation des eaux usées (PNREU) a été développé avec les parties prenantes concernées. Les actions formulées par le PNREU sont en cours d'intégration dans un Programme national d'assainissement mutualisé (PNAM) et de réutilisation des eaux usées. Ce programme sera intégré dans le Plan national de l'eau qui vient d'être adopté, document réglementaire émanant de la loi sur l'eau.

Le premier chiffrage de l'objectif de réutilisation est de 325 mm³ d'eaux usées traitées d'ici à 2030, soit environ 60 pour cent du potentiel évalué par le plan directeur de la Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace agricole (DIAEA) pour l'usage agricole. Ce volume se partage entre la réutilisation à des fins agricoles (46 pour cent), industrielles (5 pour cent), l'arrosage des espaces verts et des parcours de golfs (43 pour cent) et la recharge de nappes (6 pour cent). Dans le cas de l'agriculture, cette prévision est basée sur le plan décennal de réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures élaboré, en 2014, par la DIAEA. L'opérationnalisation du PNREU, et particulièrement de la composante «réutilisation des eaux usées à des fins agricoles», demeure en suspens dans l'attente qu'un certain nombre d'éléments bloquant la réutilisation soient dénoués.

En octobre 2019, le Gouvernement marocain a mis en place un programme d'urgence pour faire face au problème de rareté d'eau pour la période 2020-2027. Celui-ci vise d'abord à assurer l'approvisionnement en eau potable pour les zones dépendant principalement de sources d'eaux vulnérables et à garantir l'irrigation des arbres fruitiers. À cet effet, il a été décidé de créer un comité technique réunissant toutes les institutions concernées qui a proposé un programme prioritaire pour l'approvisionnement en eau potable et en eau d'irrigation.

Ainsi, à côté des actions et projets d'envergure de planification, de mobilisation et d'économie d'eau, d'autres mesures de renforcement de l'offre ont été proposées dont le recours aux eaux non conventionnelles. Il s'agit notamment du dessalement de l'eau de mer et de l'appui aux projets de réutilisation des eaux usées traitées par le biais d'un programme d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées dans un cadre intégré entre les différents secteurs concernés. Sur le plan opérationnel, il a été fortement recommandé d'encourager, sous forme de partenariats, la réutilisation des eaux usées dans d'importants projets tels que l'arrosage des parcours de golf dans les villes de Rabat et Bouznika, et les espaces verts de Fnideq, Martil, Tétouan et Zagora, Tanger et Marrakech.

Ainsi, pour stimuler le traitement des eaux usées, il a été décidé de prolonger le Programme national d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées (PNA), dédié essentiellement au milieu urbain et semi-urbain, pour y inclure les zones rurales. Comme il a été mentionné plus haut, cela revient à une intégration des trois programmes nationaux: le programme national d'assainissement liquide en milieu urbain (PNA), le programme national d'assainissement en milieu rural et le programme de réutilisation des eaux usées.

5.2. Tunisie

En Tunisie, de nombreux projets et actions sont lancés en vue de maximiser la REUT. Sur le plan juridique, il est à noter que le Code des eaux a été révisé et est en cours d'approbation. Par cette nouvelle version, le Code des eaux accorde une grande importance aux eaux non conventionnelles, parmi lesquelles les eaux usées traitées. D'autre part, la norme NT106-03 relative à l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles est également en cours de révision pour refléter les applications plus larges des EUT.

Le nouveau texte - qui s'appuie sur 13 normes internationales de l'OMS, de l'État de Californie et des directives européennes sur la réutilisation - spécifiera des normes de qualité pour chaque application. Par ailleurs, depuis 2002 et la parution d'une stratégie nationale de réutilisation des eaux usées traitées réalisée par l'ONAS, de grandes études nationales thématiques ont été élaborées dans le but d'aider à la relance de la REUT et à l'amélioration de la situation d'exploitation de cette ressource non conventionnelle qui connaît un développement ralenti depuis l'an 2000.

Les principales études nationales récentes portant sur la REUT lancées depuis 2019:

- Élaboration du plan directeur national de réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie «WATER REUSE 2050». Cette étude s'articule en trois phases: diagnostic de la filière (phase achevée), évaluation du futur de la REUT et définition d'une stratégie pour le secteur, et rédaction du plan directeur «WATER REUSE 2050». Elle s'inscrit dans le cadre de la facilité Adapt'Action qui s'inscrit elle-même dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat et de l'engagement de la Tunisie à intégrer les objectifs de développement durable d'ici 2030 dans ses plans de développement. «WATER REUSE 2050» permettra d'établir les fondations pour l'amélioration de la REUT en Tunisie.
- Élaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie: «Eau 2050».
- Étude de prospection des potentialités de la réutilisation des eaux usées traitées de la STEP de Mahdia y compris la création d'un périmètre public irrigué.

- Étude de faisabilité de projets pilotes de REUT dans le PPI de Zaouiet Sousse irrigué par la STEP de Sousse Nord et celui de Dkhila irrigué par les EUT de la STEP de Vitalait à Mahdia qui est en cours d'achèvement.

Il est à signaler également que l'ONAS, l'organisme producteur des EUT en Tunisie, s'est engagé dans un programme de rénovation et de réhabilitation de son parc de STEP dans le but d'améliorer la qualité des EUT, ce qui va permettre certainement d'augmenter le taux d'exploitation de cette ressource de grande valeur. Depuis 2018, 15 STEP ont fait l'objet d'un projet de réhabilitation et 31 autres sont actuellement en cours de réhabilitation. D'autre part, en décembre 2017, un accord-cadre de coopération entre l'Union tunisienne de l'agriculture et de la pêche (UTAP) et l'ONAS a été signé. Cet accord prévoit un partenariat étroit pour la valorisation des eaux usées et le traitement des boues et leur exploitation dans l'irrigation et la fertilisation. Des programmes de recherche sont engagés aussi depuis plusieurs années dans le domaine de la REUT.

Les travaux des différents laboratoires et unités de recherche (INAT, INRGREF, ESIER, CERTE...) en la matière ont pour objectif le développement des trois axes principaux suivants:

- (i) Étudier les possibilités d'amélioration de la qualité des EUT.
- (ii) Optimiser l'utilisation des EUT et des boues résiduelles en agriculture.
- (iii) Étudier les impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation des EUT et des boues sur le système eau-sol-plante.

Des partenariats sont fréquemment conclus avec des organismes de recherche français pour la consolidation des recherches dans ce domaine: pour l'INRGREF avec l'université Montpellier (Hydrosciences, INSERM, Faculté de pharmacie, Santé publique) et pour l'université de Sfax avec celle de Limoges.

Dans l'ensemble, les travaux et les actions de recherche portent principalement sur les thèmes suivants:

- étude des performances de certains procédés d'épuration et des possibilités d'amélioration de la qualité des EUT (traitement complémentaire);
- stockage de surface des effluents secondaires;
- critères de choix et performances des systèmes d'assainissement rural;
- devenir des polluants, modélisation et évaluation des risques, capacité du sol à atténuer les polluants au cours d'opération de réutilisation des EUT;
- étude des systèmes de culture permettant de valoriser au mieux l'irrigation avec les EUT;
- étude de l'impact des opérations de recharge avec des EUT sur la qualité des eaux de nappe;
- modélisation technico-économique de la gestion des ressources en eau intégrant la REUT.

De part la multitude des études et programmes déjà préparés ou en cours d'élaboration, il est clair que le sujet de la REUT fait l'objet de beaucoup d'attentions en Tunisie.

5.3. Algérie

La réutilisation des eaux usées traitées, longtemps délaissée en raison de l'état défectueux du parc de stations d'épuration qu'il a fallu réhabiliter, est devenue un axe important de la nouvelle politique de l'eau. Avec la remise en état des anciennes STEP et la construction de nouvelles stations, plusieurs projets d'irrigation à partir des eaux usées traitées sont en exploitation, en réalisation, ou à l'étude.

Ces ressources non conventionnelles sont encore trop peu mises en valeur et codifiées dans la législation, alors même que la réutilisation informelle des eaux usées en irrigation existe depuis de nombreuses années. Cette tendance est cependant en train de changer car, peu à peu, les instances publiques, se rendant compte du potentiel quantitatif et qualitatif face à la croissance de la demande en eau pour l'agriculture, tentent de promouvoir des initiatives allant dans ce sens.

Cette décision politique de recourir à d'autres alternatives est renforcée par la nature du climat semi-aride et/ou aride très exigeant en évapotranspiration avec des déficits respectifs de 600 mm au nord et 1 500 mm au sud.

À cet égard, l'Algérie a affiché la volonté de développer une politique d'atténuation du phénomène de rareté d'eau et ne veut plus tourner le dos à la valorisation des eaux usées traitées pour les besoins agricoles. Ces effluents secondaires, récoltés en aval des systèmes d'assainissement urbains, représentent une eau renouvelable, qui pourrait être une source attrayante par son volume et son potentiel nutritif.

Toutefois, en raison de la nature variable de la composition de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques), son rejet dans les milieux récepteurs et/ou sa réutilisation doivent être gérés soigneusement, surveillés et contrôlés par des spécialistes, afin de vérifier les risques pour l'environnement et les menaces potentielles pour les usagers, le sol et les cultures irriguées.

En 2019, le Ministère des ressources en eau (MRE) a élaboré un état détaillé de programmation et d'exploitation par wilaya de la réutilisation des eaux usées épurées. Cette synthèse est réalisée à partir des STEP actuellement en exploitation, en travaux, à l'étude ou programmées à l'horizon 2030. Il s'agit de proposer un programme de réalisation des projets de réutilisation des eaux usées épurées en adoptant des critères de priorités basés sur l'emplacement des STEP, leur taille (volume d'eau épurée) et les possibilités physiques et financières de réalisation (projets à réaliser par tranches quinquennales). La liste des STEP retenues pour la planification des projets de réutilisation des eaux usées épurées comprend 101 STEP, d'une capacité nominale cumulée de 752,39 millions de m³/an. Le volume disponible pour l'irrigation est de 626,8 millions de m³/an, ce qui permettrait l'irrigation de 94 987 hectares.

Cette liste n'a pas inclus les grandes stations qui devront faire l'objet d'une étude spécifique à savoir: Baraki (298 000 m³/j), Béni Messous (100 800 m³/j), Oran (270 000 m³/j) et Annaba (83 620 m³/j), soit une production annuelle théorique cumulée de 274,6 millions de m³/an. Parmi les STEP citées, seules celles de Baraki et d'Oran seraient retenues pour l'irrigation agricole. Le volume mobilisé est totalement disponible pour la réutilisation agricole en raison de la présence des ouvrages de stockage selon le MRE. La STEP d'Annaba est, dans un premier temps, destinée au complexe d'El Hadjar et celle de Béni Messous aura des usages multiples, comme les stations dont la production journalière ne dépasse pas 1 000 m³/j, qui feront l'objet d'utilisations locales et dont l'impact sur le bilan global est négligeable. Cela porte en fait les volumes théoriques mobilisables à 952,39 millions de m³/an et les surfaces potentielles à irriguer à près de 129 500 hectares. Les autres stations existantes ou à venir pourront, le cas échéant et à la demande, faire l'objet de projets de réutilisation des eaux usées épurées selon la même approche.

L'option du MRE pour le choix des STEP éligibles aux projets de réutilisation des eaux usées épurées consiste à retenir les STEP déjà étudiées par les différentes structures du MRE et les STEP situées hors bassins versants des barrages. Le programme proposé pour les projets de réutilisation des eaux usées épurées déjà identifiés par les différentes structures du MRE est représenté en trois lots.

Dans le premier lot de STEP retenues pour la réutilisation des eaux usées épurées, 20 projets (en exploitation ou en travaux) ont été identifiés pour un volume théorique global de 117,84 millions de m³/an, le volume disponible pour l'irrigation étant de 96,6 millions de m³/an/ (6 000 m³/ha/an au nord et 15 000 m³/ha/an au sud) pour une surface irrigable de 14 233 hectares.

Dans le deuxième lot de STEP dont les études sont achevées, en cours d'établissement ou en voie de lancement, 30 projets de réutilisation des eaux usées épurées ont été retenus pour un volume nominal de 217,69 millions de m³/an, dont le volume disponible pour l'irrigation est de 181 millions de m³/an pour une surface à irriguer de 28 866 hectares.

Le troisième lot de projets potentiels de réutilisation des eaux usées épurées concerne les STEP qui sont hors bassins versants de barrages et dont le débit nominal est supérieur à 2 millions de m³/an, soit 51 projets avec un volume théorique de 428,6 millions de m³/an, dont le volume disponible pour l'irrigation est de 357 millions de m³/an, avec une surface à irriguer de 51 888 hectares.

5.4. Libye

Pour faire face au déficit croissant du bilan hydrique et à la détérioration de la qualité de l'eau, le Gouvernement libyen d'unité nationale travaille avec le Ministère des ressources en eau pour mener à bien les programmes et projets de modernisation et de développement de la Stratégie nationale des ressources en eau comme premier pas vers le développement durable et pour mettre davantage l'accent sur l'ajustement des politiques agricoles et l'augmentation de la contribution des ressources en eau non conventionnelles parallèlement aux réformes institutionnelles, législatives et financières. Dans le même temps, le Gouvernement s'efforce de surmonter de nombreux défis et difficultés découlant principalement du manque de coordination entre les institutions gouvernementales et du faible niveau de sensibilisation du public.

Dans ce cadre, des travaux sont en cours en coopération avec des partenaires internationaux et des organisations internationales telles que l'UNICEF, la Banque africaine de développement et la Banque mondiale afin de mettre à jour la Stratégie nationale des ressources en eau pour se conformer aux exigences des ODD qui permettraient de développer cette stratégie en tenant compte des trois dimensions du développement durable: technique, économique et sociale. La stratégie repose sur un ensemble de règles et de principes qui sont: la participation, la transparence, la décentralisation, la justice, l'égalité, et l'efficacité pour atteindre l'objectif national. Un travail est en cours pour l'élaboration d'une feuille de route pour attirer les investissements, impliquer le secteur privé et mobiliser un soutien pour encourager les capitaux à entrer et à participer à des programmes de réutilisation des eaux usées traitées dans les programmes de développement agricole conformément au plan de développement du secteur.

Des réseaux pour les eaux pluviales et les eaux usées souterraines ont été mis en place à divers endroits de Nouakchott et permettent d'évacuer l'eau directement vers l'océan Atlantique.

L'agriculture urbaine qui utilisait les eaux usées traitées, après son succès et sa contribution à l'approvisionnement en légumes de la capitale, a été arrêtée par le Gouvernement en raison de la pollution des eaux usées depuis 2006.

5.5. Mauritanie

La moitié de la population mauritanienne réside en milieu rural. Depuis plusieurs années, le pays connaît une croissance économique soutenue qui a contribué au recul de la pauvreté. Mais les défis restent nombreux, notamment dans certains secteurs sociaux tels que l'eau et l'assainissement. À l'échelle nationale, les taux d'accès aux services d'eau potable et d'assainissement sont faibles et de fortes inégalités d'accès subsistent, d'une part entre les régions et d'autre part entre les zones périurbaines et rurales sous-équipées et les centres urbains mieux desservis.

Cette situation place l'eau potable et l'assainissement au premier rang des priorités nationales de développement.

En 2000, la Mauritanie a adopté la Déclaration du Millénaire pour le développement et s'est engagée à réduire de moitié la proportion de la population privée d'un accès durable à l'eau potable et à l'assainissement de base entre 1990 et 2015. Le troisième Cadre stratégique de lutte contre la pauvreté adopté par le Gouvernement mauritanien s'inscrit dans cette dynamique en fixant comme objectif d'améliorer l'accès à l'eau potable et à l'assainissement pour tous, en quantité et en qualité, à des prix abordables.

L'assainissement a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics au cours des dernières années. Sur le plan institutionnel, cela s'est traduit par la création d'une Direction ministérielle en charge de l'assainissement et d'un Office national. Par ailleurs, le Gouvernement a adopté en 2011 une Politique nationale d'assainissement (PNA) ainsi qu'une Stratégie nationale d'assainissement (SNA) déclinée en plan d'actions à l'horizon 2020. Cette stratégie est bâtie autour de 11 objectifs clés et rappelle les grands objectifs fixés par le Gouvernement en termes de desserte: atteindre en 2020 un taux de couverture en assainissement amélioré de 64 pour cent et réduire la défécation à l'air libre à 6 pour cent.

6. OPPORTUNITÉS VERS UN ENVIRONNEMENT FAVORABLE AU DÉBLOCAGE DU POTENTIEL DES EAUX USÉES

Dans le cadre de l'initiative régionale sur la rareté d'eau qui a été lancée en 2013 à l'échelle de l'Afrique du Nord et du Proche-Orient, le projet TCP/SNE/3701, intitulé «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb arabe», a été mis en œuvre en suivant une nouvelle approche holistique et innovante. Il a abouti à l'organisation d'un dialogue politique maghrébin à la suite des analyses diagnostics de ce secteur conduites dans les cinq pays à travers des dialogues nationaux. Ainsi, la sélection de deux sites pilotes et des études d'analyse coûts-bénéfices ont permis d'élaborer un plan d'investissement. Dans ce même cadre, une série de webinaires a pu dynamiser une meilleure coopération régionale entre les pays dans le domaine de la réutilisation des eaux non conventionnelles pour le développement agricole. Cette approche a fait ressortir les conclusions clés suivantes pour créer un environnement favorable au déblocage du potentiel des eaux usées au Maghreb:

6.1. Capitaliser sur l'expérience maghrébine

L'expérience des pays du Maghreb dans la collecte, le traitement et la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture est une source d'inspiration pour la capitalisation sur les différentes expériences malgré l'important écart entre les différents pays.

Les bases d'une collaboration solide existent depuis des dizaines d'années. En effet, l'expérience dans le domaine de la gestion et de la mise en valeur des réservoirs souterrains des bassins hydrographiques partagés entre la Libye, la Tunisie et l'Algérie, représentée par le système aquifère du Sahara septentrional, montre une bonne coordination et coopération menées par toutes les parties prenantes. C'est pourquoi, en se basant sur cette expérience, une meilleure gestion de cette ressource est de plus en plus nécessaire à tous les niveaux possibles. Cela ne peut se faire que grâce à une bonne gouvernance dans la gestion intégrée des ressources en eau et à la coordination et la coopération technique entre les pays de la région pour faire face aux répercussions du changement climatique et à ses effets sur le domaine agricole, et à leur volonté d'investir dans l'utilisation durable des ressources en eau.

L'échange d'expériences dans le domaine du dessalement et des derniers modèles appliqués dans la région peut aider la Libye, par exemple, qui lance des opérations d'entretien et de réhabilitation des usines de dessalement d'eau de mer existantes et prépare des études détaillées pour l'établissement de nouvelles stations dans les villes de la côte libyenne avec de grandes capacités dépendant de la technologie du double système de production d'électricité et d'eau. De même, pour les eaux usées, l'expérience d'une trentaine d'années en Tunisie peut bien aider les pays à utiliser les bonnes pratiques et les réussites pour les opérations de réhabilitation des systèmes de collecte et de traitement afin de contribuer à atténuer le déficit du bilan hydrique et à irriguer des projets agricoles avec des eaux usées traitées conformes aux normes nationales ou internationales.

Il en va de même pour la Mauritanie, qui dispose d'importantes ressources en eaux non conventionnelles, notamment celles liées au drainage dans les périmètres irrigués et à l'assainissement dans les grandes villes, et qui peut élaborer des stratégies pour le développement de ce secteur en s'appuyant sur l'expérience maghrébine.

L'expérience algérienne relative à sa stratégie pour le développement agricole et la sécurisation des productions agricoles par l'irrigation en intégrant l'économie de l'eau, et ce à travers: (i) l'extension de la superficie irriguée; (ii) la généralisation des systèmes économiseurs d'eau; (iii) la valorisation du potentiel des eaux non conventionnelles peut donner beaucoup de résultats positifs qui peuvent être répliqués à travers la région du Maghreb. De même pour l'utilisation des eaux non conventionnelles qui s'accompagne d'un programme de renforcement des capacités à tous les niveaux à travers l'assistance technique, l'expertise, la formation et la vulgarisation. L'Algérie a mis en place un cadre réglementaire régissant la réutilisation des eaux usées épurées et l'échange d'expériences entre les pays du Maghreb ainsi que la nécessité de travailler davantage dans un cadre de concertation régional sont de plus en plus ressentis comme indispensables.

Par ailleurs, l'expérience de la Tunisie, qui aborde avec plus de vigueur une nouvelle étape de développement de ressources alternatives et est prête à abandonner l'approche fondée essentiellement sur l'offre qu'elle suit depuis longtemps, au profit d'une approche axée sur la gestion de la demande et l'adoption d'un système de planification et de gestion intégrée des ressources en eau pour l'ensemble des secteurs usagers de l'eau, peut être bénéfique pour toute la région. Les réformes profondes engagées sur les plans technique, économique, institutionnel, social sont alors nécessaires et ont commencé à être mis en œuvre. Ainsi, pour la valorisation des eaux usées traitées, la Tunisie a mis en place dans les années 1990 des textes réglementaires régissant: a) le rejet dans le milieu récepteur par une norme actualisée par un arrêté de mars 2018 fixant les limites des éléments polluants dans les effluents rejetés dans le milieu marin, le domaine public hydraulique et les réseaux de l'ONAS; (b) la réutilisation et la gestion des eaux usées traitées à des fins agricoles: norme de réutilisation, cahier des charges d'exploitation des périmètres irrigués, liste des cultures autorisées pour l'irrigation par ces eaux (grandes cultures, arboriculture, cultures forestières, fourrages).

L'expérience du Maroc peut aussi être très bénéfique pour tous les autres pays du Maghreb sachant qu'il a adopté une politique de planification prospective avec une politique de lancement de programmes

ambitieuse sur le long terme dont le programme national intégré de désinfection des liquides et de réutilisation des eaux usées. Le Maroc a œuvré au développement d'un cadre juridique et institutionnel pour assurer la gestion durable des ressources en eau avec l'intégration des eaux usées comme ressource en eau. Ainsi, il stipule que les villes et les agglomérations doivent disposer de stations d'épuration et d'installations appropriées avec des conceptions d'orientation pour la désinfection des liquides pour les exigences de réutilisation des eaux usées. Sur le plan institutionnel, il a été attribué une branche entière pour le dessalement de l'eau de mer et une branche pour la valorisation des eaux pluviales.

6.2. Adapter les cadres réglementaires et légaux

De nos jours, les réglementations sont axées sur les normes spécifiques en matière de qualité de l'eau et sur les critères liés aux différents types d'usage, dans l'objectif de préserver la santé humaine et l'environnement. Faire appliquer les règles et les lignes directrices relatives à la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays du Maghreb nécessite un cadre réglementaire efficace qui donne aux institutions et autorités de mise en œuvre la capacité technique et de gestion d'une façon indépendante et transparente.

Pour accomplir des progrès dans tous les pays du Maghreb, des approches souples et progressives seront nécessaires avec un soutien politique, institutionnel et financier pour développer et mettre à jour leurs cadres réglementaires. Ces cadres permettront aussi d'avoir de nouvelles réglementations concernant la réutilisation de l'eau et la récupération des sous-produits des eaux usées avec des législations simples et claires se focalisant, par exemple, sur les normes de qualité pour ces produits. Ces cadres seront aussi des moteurs pour encourager les investissements et les marchés par des mesures d'incitation financière ou légale.

Néanmoins, des directives maghrébines relatives à la réutilisation des eaux usées traitées sont de plus en plus ressenties comme nécessaires pour faciliter la collaboration des pays dans ce domaine. Celle-ci peut être mise en œuvre en termes techniques et économiques et appuyer les différentes politiques et programmes communs adaptés aux situations locales particulières des différents pays, en tenant compte des critères économiques, socioculturels et environnementaux. Il en va de même pour les directives concernant les mesures de protection sanitaire et environnementale qui doivent être conçues et élaborées à l'échelle nationale et du Maghreb.

Des organismes de contrôle efficaces sont indispensables dans le Maghreb pour faire appliquer les restrictions relatives aux pratiques d'irrigation, selon l'origine et l'utilisation finale des eaux usées, et celles portant sur les cultures et les techniques d'irrigation ou sur l'imposition d'un délai minimum entre l'irrigation des cultures et leur récolte.

Il faut pouvoir amortir les coûts avec des mécanismes de financement appropriés. La collecte et le traitement des eaux usées, qui forment le système d'assainissement, nécessitent généralement des investissements très importants. Les coûts d'exploitation et de maintenance sont aussi très élevés que ce soit à court, moyen ou long terme. Ils peuvent être beaucoup plus élevés si l'on prend en compte les dommages directs et indirects au développement socioéconomique, à la santé humaine et à l'environnement qui peuvent être induits par: i) des coûts d'investissement inadéquats dans la gestion des eaux usées, et ii) en l'absence même de système d'assainissement.

Le choix des technologies pour la collecte, le traitement et la réutilisation, quand elles sont bien mises en œuvre, peuvent donner des résultats satisfaisants en termes de qualité d'effluents, bien qu'elles exigent un niveau approprié d'exploitation et de maintenance afin d'éviter une défaillance du système.

Dans des conditions de rareté d'eau, ce qui est le cas des pays du Maghreb, l'utilisation des eaux usées pour le développement agricole peut donner lieu à de nouveaux revenus. Des modèles économiques adaptés à ce contexte doivent être mis en place afin de garantir la rentabilité et des avantages considérables du point de vue financier.

Le développement des produits dérivés du système intégré (collecte, traitement, réutilisation) tels que les éléments fertilisants, les boues résiduelles, l'énergie, peut représenter de nouvelles valeurs ajoutées significatives pour améliorer l'amortissement des coûts de l'ensemble du système et créer de nouveaux mécanismes de financement. Des analyse coûts-bénéfices pour chaque projet permettront d'optimiser les systèmes intégrés à chaque contexte, d'évaluer les coûts de l'inaction et de chiffrer les impacts sur la santé humaine et l'environnement.

L'intégration des eaux usées traitées dans la gestion intégrée des ressources en eau vient donc renforcer l'offre en eau nationale pour chaque pays du Maghreb. La gestion des bénéfices provenant des investissements dans la réutilisation de l'eau peut donc être comparée avec le coût des barrages, du dessalement, des transferts entre bassins, et d'autres alternatives pour augmenter la disponibilité de l'eau.

6.3. Réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement

La réutilisation des eaux usées pour l'agriculture, qui exige une attention particulière, peut avoir de graves conséquences sur la santé humaine et l'environnement, notamment la transmission de maladies vectorielles, ainsi que la pollution et la perte de diversité biologique et des services des écosystèmes. En raison de ces risques, une approche rigoureuse basée notamment sur des réglementations strictes et des programmes de contrôle, d'évaluation et de conformité fiables est nécessaire.

Les risques pour l'environnement, qui constituent un aspect très important de l'utilisation des eaux usées pour le développement agricole, doivent être mieux pris en compte avec la mise en place de programmes de surveillance de l'environnement, non seulement en vue d'évaluer les risques, mais aussi pour mettre au point des politiques de protection de l'environnement appropriées.

Une connaissance limitée des risques pour la santé associée à l'utilisation des eaux usées, en raison d'un manque de sensibilisation, contribue à accentuer ces risques, notamment dans le cas des conditions dues à la pandémie de covid-19. Chaque fois que l'exposition humaine est considérée comme probable (par ex., par l'alimentation ou par contact direct), des mesures de gestion des risques plus strictes doivent être prises.

Pour ce qui est des risques pour la santé humaine, il convient de définir les groupes vulnérables en relation avec les eaux usées utilisées pour l'irrigation des terres agricoles. Parmi ces groupes vulnérables figurent les agriculteurs, les ouvriers agricoles, les usagers, les transporteurs, leurs familles et les communautés avoisinantes des périmètres irrigués avec les eaux usées ainsi que les consommateurs.

Les effets potentiels à long terme des substances chimiques et des polluants émergents contenus dans les eaux usées représentent des risques pour la santé humaine et l'environnement.

6.4. Adopter l'approche basée sur le traitement adapté à l'usage «prévu» ou l'usage «sans restriction»

La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation sans restriction est une option qui synthétise quelques visions stratégiques de plusieurs pays dans le monde où l'eau usée traitée peut servir à tout usage sans aucun risque pour la santé humaine et l'environnement. L'autre approche consiste en la réutilisation de l'eau usée traitée adaptée à l'usage prévu, ce qui signifie que le niveau de traitement requis est déterminé par le niveau de qualité de l'eau exigé pour l'usage agricole prévu. Dans la plupart des cas d'irrigation arboricole, comme pour les palmiers dattiers par exemple, un traitement secondaire serait suffisant. Toutefois, ces deux approches nécessitent des cadres réglementaires et institutionnels appropriés afin d'éviter d'éventuels risques sanitaires et environnementaux.

6.5. Développer les capacités et renforcer les connaissances

Dans les pays du Maghreb, le développement de capacités organisationnelles et institutionnelles dans le secteur de la gestion des eaux usées est primordial pour le secteur agricole. Afin d'optimiser la gestion de ces ressources, il est essentiel de s'assurer que les niveaux appropriés de capacités humaines sont mis en place. En effet, les gestionnaires et les parties prenantes du secteur des eaux usées doivent disposer de compétences sur le plan technique comme en matière de gestion pour pouvoir élaborer et mettre en œuvre des options optimales tout au long de la chaîne: collecte, traitement, réutilisation, récupération et valorisation des sous-produits utiles.

Les besoins sont urgents en matière d'éducation sur la valeur des eaux usées et les risques que représente une mauvaise gestion des eaux usées pour la santé humaine et l'environnement. L'élaboration et la mise en œuvre d'approches innovantes, pluridisciplinaires et globales en matière d'éducation et de formation, faisant intervenir des ressources pédagogiques actualisées, accessibles à distance et axées sur les étudiants et les problématiques, sont essentielles afin de pouvoir affronter les enjeux et défis avec davantage de compréhension, de connaissances et d'assurance.

En outre, pour assurer une utilisation saine et productive des eaux usées dans le secteur agricole et mettre au point des plans d'action nationaux et locaux pour la protection de la santé humaine et de l'environnement, les décideurs politiques et les parties prenantes doivent disposer de données mises à jour et d'informations complètes et fiables sur la collecte, la production, le traitement et l'utilisation des eaux usées. Ainsi, l'accès aux résultats de la recherche et aux nouvelles technologies facilitera le développement de solutions durables en matière de gestion des eaux usées.

Pour tous les pays maghrébins, le renforcement des capacités est essentiel et peut être assuré par le biais de programmes d'éducation et de formation adéquats axés sur la gestion optimale des eaux usées, les connaissances scientifiques, les nouvelles technologies et les outils nécessaires pour la protection de la santé humaine et la sécurité de l'environnement. Ces programmes s'adresseront à la fois aux professionnels du secteur et pourront servir à la formation d'une nouvelle génération de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens, en tenant compte des différents aspects liés à la gestion des eaux usées, de façon à pouvoir faire face aux problèmes qui découlent de questions de plus en plus complexes et interdépendantes à tous les niveaux.

6.6. Sensibiliser le public et développer l'acceptation par la société

Dans les pays du Maghreb, l'utilisation d'eaux usées en agriculture se heurte souvent à une forte résistance de l'opinion publique, en raison d'un manque de sensibilisation et de confiance face aux risques pour la santé humaine et l'environnement. La sensibilisation et l'éducation sont les principaux instruments pour dépasser les barrières sociales, culturelles et de consommation. Ces campagnes de sensibilisation doivent être adaptées aux consommateurs venant de milieux culturels et religieux différents.

La sensibilisation et l'éducation restent les piliers permettant de surmonter les réticences sociales et culturelles du grand public face aux eaux usées et à leur utilisation en agriculture. Elles contribuent de façon significative à instaurer la confiance des consommateurs et à faire évoluer le regard du public sur l'utilisation des eaux usées. Ceci peut avoir un impact direct sur l'acceptation sociale de l'utilisation des eaux usées et de la récupération des ressources. C'est pourquoi il ne faut en aucun cas négliger la dimension sociale et des campagnes d'information publique seront nécessaires pour sensibiliser le grand public à la façon dont l'eau usée est réutilisée sans risque.

Prendre en considération la dynamique de l'acceptation sociale pour tous les projets d'utilisation des eaux usées est une condition nécessaire, même si ces projets sont bien conçus du point de vue technique, faisables du point de vue financier, et intègrent des mesures de sécurité adéquates pour la santé humaine et l'environnement.

6.7. Renforcer la collaboration entre les pays du Maghreb pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles

Dans le cadre du projet sous-régional sur le déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans la région du Maghreb (TCP/SNE/3701), l'UMA et la FAO ont organisé un dialogue politique maghrébin de haut niveau pour initier une orientation stratégique concertée et favorable au développement des eaux non conventionnelles à l'échelle de la région du Maghreb arabe. Durant ce dialogue politique, les pays ont pu présenter leurs visions avec les orientations stratégiques et les approches adoptées dans l'évaluation du potentiel des eaux non conventionnelles pour le développement agricole durable. L'UMA et la FAO ont présenté l'Initiative maghrébine pour les eaux non conventionnelles (IMENCO) à laquelle tous les pays de la région ont adhéré et ont promulgué une déclaration ministérielle de coopération entre les pays du Maghreb pour la réutilisation des eaux non conventionnelles dans le développement durable du secteur agricole.

Les objectifs de cette initiative maghrébine sont:

- Améliorer le cadre politique, institutionnel et juridique pour la gestion des ressources en eau non conventionnelles, dans le contexte de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).
- Renforcer les procédures et réglementations de planification, structures de prix, technologie, applications et capacité institutionnelle afin de promouvoir l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles.
- Promouvoir la création d'une culture de l'eau basée sur la sensibilisation des parties prenantes et leur implication sociale dans l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles.
- Renforcer les capacités, échange et diffusion des connaissances et bonnes pratiques.

Cette initiative se propose de renforcer cette coopération maghrébine à travers:

- la mise en place d'un comité technique permanent de l'UMA dédié aux eaux non conventionnelles;
- la création d'un pôle d'excellence maghrébin pour les eaux non conventionnelles basé sur le développement et l'interconnexion des sites pilotes d'excellence à travers la région de l'UMA;
- l'établissement d'une plateforme collaborative maghrébine comme mécanisme du pôle d'excellence maghrébin pour l'échange de bonnes pratiques et le transfert de connaissances et de résultats de recherche.

7. CONCLUSION

Les pays maghrébins, caractérisés par un élan démographique, couvrent une superficie totale d'environ 600 millions d'hectares. Cet élan se précise par une estimation de l'évolution de la population totale actuelle d'environ 100 millions d'habitants à un peu plus de 130 millions en 2050. Cette évolution devrait certainement exercer un impact sur la sécurité alimentaire et la sécurité hydrique ainsi que sur l'environnement, l'agriculture, les ressources en eau, la production d'eaux usées et bien d'autres secteurs vitaux.

En plus de cette démographie galopante, la région du Maghreb se caractérise par une rareté physique d'eau, ne peut pas répondre à l'ensemble de la demande croissante en eau et subit une grave dégradation de l'environnement et une surexploitation des ressources en eau. Les pays maghrébins connaissent également une rareté économique de l'eau provoquée par un manque d'investissement dans ce secteur en général.

En se basant sur le concept de l'indice de stress hydrique, indicateur du seuil de disponibilité par habitant et par an des ressources en eau renouvelables internes, le ratio global maghrébin est actuellement d'environ 410 m³/hab/an, ce qui montre que la région du Maghreb souffre d'une rareté d'eau absolue en plus des impacts liés aux changements climatiques qui induiront l'augmentation des températures annuelles moyennes et la réduction des précipitations.

Outre la croissance démographique rapide et des taux d'urbanisation élevés, la demande en eau agricole ne cesse d'augmenter pour assurer essentiellement la production alimentaire. Ce prélèvement d'eau pour les systèmes agricoles irrigués dans toute la région du Maghreb augmente constamment pour atteindre 26 milliards de m³, soit 78 pour cent du potentiel mobilisable. Ces systèmes agricoles irrigués et pluviaux contribuent à la productivité maghrébine globale.

L'agriculture joue un rôle important dans la compensation de la demande alimentaire croissante et l'approvisionnement en produits alimentaires. Ces activités agricoles sont très variables d'un pays à l'autre et nécessitent de grandes quantités supplémentaires d'eau pour l'irrigation dans des conditions de stress hydrique absolu, où l'eau conventionnelle devient de plus en plus rare et l'approvisionnement en eau d'irrigation ne peut être assuré que par des eaux non conventionnelles comme les eaux usées.

Cependant, dans toute la région, on estime que 208 millions de m³ d'eaux usées traitées sont utilisés pour l'agriculture, ce qui représente uniquement 1,7 pour cent du besoin total en eau d'irrigation total pour le Maghreb. Il faut noter qu'environ 700 000 m³ sont des eaux usées non traitées ou partiellement traitées, soit 3,3 pour cent du volume total utilisé au Maghreb.

Les eaux usées restent un potentiel valorisable pour la région du Maghreb. En effet, la rareté d'eau dans la région pousse de plus en plus les gouvernements des pays maghrébins à rechercher des ressources en eau supplémentaires afin de répondre à une demande accrue en eau. De ce fait, les ressources en eau non conventionnelles, parmi lesquelles les eaux usées traitées, pourraient contribuer à répondre à cette demande, principalement pour le secteur agricole et plus précisément pendant les périodes de sécheresse. En effet, le potentiel de ces ressources est très important et augmente avec les années.

En outre, la région du Maghreb dispose de 537 stations d'épuration qui collectent un volume de 2 160 millions de m³/an d'eaux usées. Mais un peu plus de 900 millions de m³/an seulement d'eaux usées produites sont traitées, dont uniquement 16 pour cent sont utilisés.

L'analyse diagnostic de l'état de l'art a pu montrer que les pays de la région du Maghreb avaient inscrit les objectifs et les principes du développement durable dans leurs politiques et programmes de développement. Des processus de réformes institutionnelles et réglementaires ont été engagés avec diverses procédures juridiques de plus en plus adaptées aux principes et aux exigences environnementales.

D'une façon générale, le taux de réalisation des objectifs du développement durable pour la région du Maghreb a atteint une moyenne de 62 pour cent. Afin de continuer sur cet élan, il a été formulé les recommandations pertinentes suivantes:

- renforcement de la collaboration entre les pays du Maghreb pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles avec la création des mécanismes nécessaires au sein de l'Union du Maghreb arabe;
- capitalisation sur l'expérience des différents pays maghrébins dans le domaine des eaux usées traitées;
- développement de capacités organisationnelles, techniques et institutionnelles dans le secteur de la gestion des eaux usées.



CHAPITRE 2

POTENTIEL DES EAUX DE DRAINAGE POUR LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DANS LES PAYS DU MAGHREB

CONTEXTE, ÉTAT DE L'ART ET PERSPECTIVES

1. INTRODUCTION

La rareté de l'eau dans les pays du Maghreb est définie comme, d'une part, la rareté physique due au fait qu'il n'y a pas assez d'eau pour répondre à toutes les demandes; d'autre part, comme la rareté économique causée par un manque d'investissement dans le secteur de l'eau ou un manque de capacité humaine pour répondre à la demande en eau, même dans les endroits où l'eau est abondante. Parmi les symptômes de cette rareté économique de l'eau est identifié généralement un développement inadéquat des infrastructures dans la région. Par ailleurs, ces pays partagent certaines problématiques environnementales semblables: désertification, dégradation des terres, des forêts et des pâturages, fortes pressions sur le milieu marin, changements climatiques ou encore pollutions industrielles, urbaines et agricoles. Le Maghreb se caractérise par un des déficits hydriques les plus élevés au monde (disponibilités en eau inférieures à 1 000 m³/habitant/an), une désertification qui affecte environ 85 pour cent des terres, lesquelles sont de plus en plus menacées par l'érosion et la salinisation et une agriculture à dominante pluviale très sensible aux variations climatiques.

La FAO a lancé en 2013 une Initiative régionale sur la rareté de l'eau au Proche-Orient et en Afrique du Nord face aux défis de la rareté de l'eau qui est un fait largement reconnu dans toute la région. Quatre pays sur cinq de la sous-région Afrique du Nord se situent sous le niveau de 500 m³/habitant/an de ressources en eau internes renouvelables, ce qui caractérise une rareté absolue de l'eau.

De nos jours, dans le cadre du processus de recherche de solutions durables aux problèmes de rareté de l'eau et de sécurité alimentaire dans les pays de l'Afrique du Nord, la demande urgente émergente consiste à injecter de nouvelles réflexions en débloquent le potentiel des eaux non conventionnelles pour le développement agricole avec la mise en œuvre d'investissements et de bonnes pratiques intégrant ces ressources dans la gestion intégrée des ressources en eau.

Cette nouvelle approche de la FAO rentre dans le cadre de l'un des focus de l'Initiative régionale sur la rareté de l'eau, relatif au développement des eaux non conventionnelles. Cette approche vise à aider les pays membres à identifier et à lancer les politiques et les meilleures pratiques en matière de promotion et d'utilisation des ressources en eau non conventionnelle pour améliorer la sécurité hydrique et alimentaire.

Aujourd'hui, les pays du Maghreb sont à la croisée des chemins pour s'inscrire dans une perspective historique et prendre la décision de mettre en place des politiques d'accompagnement qui favorisent les investissements dans le domaine de la réutilisation des eaux non conventionnelles. Cette approche permettra de contribuer au développement durable lié à l'eau, en particulier la cible 6.3 sur la «qualité de l'eau» et la cible 6.4 sur la «gestion durable des ressources en eau» des objectifs de développement durable (ODD).

Cette approche se base sur:

- Des études nationales de diagnostic et d'analyse de l'état de l'art réalisées dans le cadre du projet TCP/SNE/3701;
- des dialogues sur les politiques nationales et la compréhension de l'état de l'art sur l'utilisation non conventionnelle de l'eau en agriculture;
- l'identification de deux sites pilotes dans chaque pays pour exploiter les systèmes les plus adaptés et optimaux pour la collecte, le traitement, le stockage, le transfert et la réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole;
- des analyses coûts-bénéfices pour les sites pilotes afin de guider leur développement;
- des plans nationaux d'investissement pour les sites pilotes.

Le présent rapport est une synthèse des études nationales de diagnostic et d'analyse de l'état des lieux réalisées dans le cadre du projet TCP/SNE/370 «Déblocage du potentiel des eaux usées traitées et des eaux de drainage pour le développement agricole dans les pays du Maghreb». Il se focalise sur l'état des lieux et l'analyse diagnostic de l'utilisation des eaux de drainage.

2. CONTEXTE MAGHRÉBIN

2.1. Croissance démographique

Les pays maghrébins, à savoir l'Algérie, la Libye, le Maroc, la Mauritanie et la Tunisie, se caractérisent par leur élan démographique et couvrent une superficie totale de 578 214 000 ha dont la répartition par pays est présentée dans le tableau 2. Cet élan montre que la population totale des pays du Maghreb, qui était de 99,267 millions en 2017, passera à 131,9 millions en 2050, soit plus de 32 millions d'habitants de plus en à peine trois décennies (soit une moyenne d'augmentation de 1,3 million d'habitants par an). Cette évolution future de la population maghrébine devrait exercer un impact sur la sécurité alimentaire et la sécurité hydrique en premier lieu ainsi que sur l'environnement, l'agriculture, les ressources en eau, la production d'eaux usées et bien d'autres secteurs vitaux.

Tableau 2. Superficie totale (en milliers d'ha)

Algérie	Libye	Maroc	Mauritanie	Tunisie	Maghreb
238 174	175 954	44 655	103 070	16 361	578 214
41%	30%	8%	18%	3%	100%

Source: FAO, 2017.

Cette dynamique démographique maghrébine - différente selon les pays (tableau 3) montre que le taux de croissance annuel qui était de 1,8 pour cent entre 1980 et 2017 passera à 1 pour cent entre 2025 et 2050. En effet, les populations de la Mauritanie et de l'Algérie resteraient plus dynamiques avec des taux d'accroissement estimés respectivement à 2,1 et 1 pour cent, entre 2025 et 2050, alors que la Tunisie, le Maroc et la Libye afficheraient des taux inférieurs à 1 pour cent (soit 0,5, 0,7 et 0,7 pour cent respectivement).

Tableau 3. Population totale (en milliers d'habitants)

	1977	1982	1987	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	17 583	20 453	23 774	27 028	29 743	31 855	34 167	37 384	41 389
Libye	2 866	3 480	4 110	4 651	5 118	5 531	5 975	6 286	6 581
Maroc	18 620	20 984	23 447	25 711	27 755	29 455	31 164	33 242	35 581
Mauritanie	1 411	1 634	1 880	2 143	2 434	2 778	3 203	3 707	4 283
Tunisie	5 920	6 741	7 701	8 614	9 395	9 871	10 305	10 847	11 433
Population totale du Maghreb arabe (UMA)									99 267

Source: FAO, 2017.

En général, cette croissance démographique devrait se produire dans les zones urbaines et périurbaines des cinq pays, et la population urbaine devrait doubler d'ici 2030.

Cette population urbaine maghrébine représente actuellement 63 pour cent de la population totale, soit environ 63 millions d'habitants.

La population urbaine représente 65 pour cent de la population totale en Algérie, 78 pour cent en Libye, 56 pour cent au Maroc, 41 pour cent en Mauritanie et 69 pour cent en Tunisie. Elle est et sera le déterminant principal pour la production des eaux usées dans toute la région du Maghreb.

2.2. Rareté de l'eau et stress hydrique

La région du Maghreb se caractérise par une rareté physique de l'eau du fait de ne pas pouvoir répondre à toute la demande croissante en eau avec des symptômes liés à une grave dégradation de l'environnement et une surexploitation des ressources en eau. Cette région se caractérise également par une rareté économique de l'eau causée par un manque d'investissement dans le secteur de l'eau en général.

Les pays aux ressources en eau renouvelables internes par habitant annuelles supérieures à 1 700 m³/hab/an ne connaîtront qu'un stress hydrique occasionnel ou nul, tandis que les pays aux ressources inférieures à 1 700, 1 000 et 500 m³/hab/an subiront respectivement un stress hydrique, une rareté chronique de l'eau et une rareté absolue d'eau. Le tableau 4 montre que la Mauritanie, l'Algérie, la Tunisie et la Libye disposent d'un ratio inférieur à 500 m³/hab/an et sont donc en train de connaître une rareté absolue de l'eau tandis que le Maroc, avec 815 m³/hab/an, est dans une phase de rareté chronique de l'eau.

Ce tableau montre bien la chute du ratio régional qui est passé sous 500 m³/hab/an vers l'an 2000.

Depuis cette date, la région du Maghreb souffre d'une rareté d'eau absolue avec environ 410 m³/hab/an.

Outre la rareté de l'eau, les principales caractéristiques des cinq pays du Maghreb sont: i) l'augmentation des températures annuelles moyennes, ii) la réduction des précipitations avec une pression croissante sur les rares ressources en eaux conventionnelles, et iii) le changement climatique qui contribue à l'aggravation de la rareté de l'eau dans la région.

Tableau 4. Ressources en eau renouvelables internes par habitant (m³/hab/an)

	1972	1977	1982	1987	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	735,8	639,7	549,9	473,1	416,1	378,1	353,1	329,2	300,9	271,7
Libye	300,8	244,3	201,1	170,3	150,5	136,8	126,6	117,2	111,4	106,4
Maroc	1 737	1 557	1 382	1 237	1 128	1 045	984,6	930,6	872,4	815
Mauritanie	328,6	283,5	244,9	212,8	186,7	164,4	144	124,9	107,9	93,4
Tunisie	792,8	708,6	622,4	544,8	487	446,5	425	407,1	386,7	366,9
UMA	879	786,62	700,06	627,6	573,66	534,16	506,66	481,8	455,86	430,68

Source: FAO, 2017.

2.3. Ressources en eau et concurrence intersectorielle

Dans la région du Maghreb, le potentiel en eau régularisable est inférieur à 30 milliards de m³/an. Les ressources superficielles représentent 65 pour cent de ce total, mais le potentiel souterrain est loin d'être négligeable, surtout si l'on prend en compte les nappes fossiles du Sahara septentrional.

En plus de la croissance démographique rapide et des taux d'urbanisation élevés, en particulier dans les grandes villes, de la rareté de l'eau et du stress hydrique accru, la demande en eau agricole ne cesse d'augmenter pour assurer essentiellement la production alimentaire. Ce prélèvement d'eau pour l'agriculture dans toute la région du Maghreb, comme le montre le tableau 5, atteint environ 26 milliards de m³, soit 78 pour cent du potentiel mobilisable.

Sachant que la majeure partie de la région du Maghreb est aride ou hyperaride, ces systèmes agricoles irrigués et pluviaux contribuent à la productivité globale. Les zones tempérées à fortes précipitations qui ont un climat méditerranéen représentent moins de 10 pour cent de la superficie des terres mais près de la moitié de la population agricole.

Tableau 5. Prélèvement d'eau pour l'agriculture (milliards de m³/an)

	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	2,846	3,21	3,637	4,314	4,99	6,671
Libye	4,14	3,792	3,764	4,267	4,85	4,85
Maroc	10,18	10,33	11,05	9,866	9,156	9,156
Mauritanie	1,5	1,5	1,361	1,223	1,223	1,223
Tunisie	2,615	2,334	2,368	2,521	2,832	3,773
UMA	21,281	21,166	22,18	22,191	23,051	25,673

Source: FAO, 2017.

Les zones sèches, avec des précipitations inférieures à 300 millimètres par an, représentent 90 pour cent des terres mais moins de 30 pour cent de la population agricole. Les zones irriguées à grande échelle couvrent moins de 2 pour cent de la superficie des terres mais représentent 17 pour cent de la population agricole. Les systèmes agricoles sont diversifiés et déterminés en grande partie par la géographie, le climat et les ressources naturelles.

Dans la région, les principales cultures pluviales sont le blé, l'orge, les légumineuses, les olives, le raisin et autres fruits et légumes. La production céréalière représente les deux tiers de la superficie cultivée (contre une moyenne mondiale de 46 pour cent).

La variation de la contribution de cette agriculture au produit intérieur brut (PIB) régional est présentée dans le tableau 6 et oscille entre 10 et 12 pour cent du PIB.

Tableau 6. Agriculture dans les pays du Maghreb arabe: valeur ajoutée (% PIB)

	1972	1977	1982	1987	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	12,23	8,552	7,858	10,29	12,1	8,84	9,31	7,571	8,771	11,95
Libye	2,477	1,595	2,479	5,017	7,605	7,853	4,65	2,407	0,899	0,8214
Maroc	19,77	15,24	14,25	14,33	14,32	14,37	13,13	10,86	12,33	12,36
Mauritanie	34,89	30,28	41,24	39,15	33,98	27,9	24,97	17,71	17,22	21,28
Tunisie	18,25	13,46	11,19	13,95	13,72	11,23	8,298	8,643	9,084	9,692
UMA	17,52	13,83	15,40	16,55	16,35	14,04	12,07	9,44	9,66	11,22

Source: FAO, 2017.

L'agriculture, qui est le plus grand utilisateur des ressources en eau avec 78 pour cent des prélèvements, joue un rôle important pour satisfaire la demande alimentaire croissante et c'est pourquoi l'augmentation de l'utilisation de l'eau à des fins agricoles va peser sur la rareté de l'eau dans toute la région du Maghreb.

La concurrence intersectorielle sur l'eau est plus apparente dans les grands centres urbains, et en particulier dans les zones arides et semi-arides avec une densité importante de population. Plus particulièrement, la concurrence entre les zones urbaines et l'agriculture va s'intensifier, surtout là où les approvisionnements en eau potable sont rares.

Concernant les autres secteurs, les variations des usages industriels (tableau 7) et municipaux (tableau 8) à l'échelle du Maghreb représentent respectivement 17 et 5 pour cent du potentiel mobilisable.

Dans toute la région, les préoccupations en matière de sécurité alimentaire continuent de dominer les discussions des décideurs politiques maghrébins. Même dans les conditions climatiques actuelles, cette sécurité alimentaire, liée directement à la sécurité hydrique et à la concurrence intersectorielle envers les ressources en eau, régulera la dépendance plus ou moins croissante envers les marchés internationaux afin d'être suffisante pour assurer un accès stable à des approvisionnements alimentaires abordables pour la population.

Tableau 7. Prélèvement d'eau pour les usages industriels (milliards de m³/an)

	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	0,644	0,554	0,4858	0,4504	0,415	0,191
Libye	0,085	0,116	0,1386	0,1861	0,28	0,28
Maroc	0,322	0,3458	0,766	0,4198	0,212	0,212
Mauritanie	0,0268	0,0259	0,0279	0,0318	0,0318	0,0318
Tunisie	0,0908	0,1028	0,1234	0,1465	0,2983	0,965
UMA	1,1686	1,1445	1,5417	1,2346	1,2371	1,6798

Source: FAO, 2017.

Tableau 8. Prélèvement d'eau pour les municipalités (milliards de m³/an)

	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Algérie	1,24	1,54	1,938	2,479	3,02	3,6
Libye	0,455	0,555	0,6406	0,6904	0,7	0,7
Maroc	0,543	0,9768	3	1,789	1,063	1,063
Mauritanie	0,0888	0,0807	0,0837	0,0954	0,0954	0,0954
Tunisie	0,2818	0,3338	0,4042	0,4552	0,4362	0,137
UMA	2,6086	3,4863	6,0665	5,509	5,3146	5,5954

Source: FAO, 2017.

Malgré cette concurrence envers les ressources en eau, le Maghreb est la seule région en Afrique qui a atteint les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) visant à lutter contre la faim. Afin de poursuivre sur cet élan, et malgré les gains de croissance de la production agricole, la consommation des ressources en eau est dominée par le secteur agricole afin de garantir l'offre nationale de production céréalière. Cette production ne couvre pas la demande et demeure fortement vulnérable aux aléas climatiques.

En effet, les superficies en terres agricoles irriguées ont significativement augmenté, ce qui induit une augmentation des besoins en eau, même s'il est à noter une nette amélioration de l'utilisation de techniques d'irrigation économes en eau. Si les investissements agricoles ont augmenté, l'amélioration durable de la production et de la productivité agricoles demeure, dans tous les pays, tributaire d'une régulation optimale des besoins en eau pour tous les secteurs et de l'accroissement significatif des investissements dans la recherche, dans le but d'améliorer les techniques de conservation des sols et de l'eau et de faire face à la vulnérabilité du secteur aux changements climatiques.

2.4. Production alimentaire et besoins en eau agricole

Dans les pays du Maghreb, l'eau utilisée pour l'irrigation et la production alimentaire constitue l'une des plus fortes pressions sur les ressources en eau conventionnelle. Le tableau 9 montre que, pour les pays du Maghreb où l'eau est une ressource de plus en plus rare, les prélèvements d'eau à des fins agricoles dépassent déjà 12 milliards de m³ par an. Une croissance démographique et des changements dans les habitudes alimentaires augmenteront la consommation alimentaire dans la plupart de ces pays.

Tableau 9. Besoins en eau d'irrigation (milliards de m³/an)

	2007	2012	2017
Algérie	2,511	2,511	2,511
Libye	1,833	1,833	1,833
Maroc	5,823	5,823	5,823
Mauritanie	0,3748	0,3748	0,3748
Tunisie	1,552	1,552	1,552
UMA	120,938	120,938	120,938

Source: FAO, 2017.

De tous les secteurs économiques, l'agriculture est celui particulièrement sensible à la rareté de l'eau. La demande croissante de produits agricoles est le principal moteur de l'utilisation agricole de l'eau.

L'agriculture joue un rôle important dans la compensation de la demande alimentaire croissante et l'approvisionnement en produits alimentaires. Ces activités agricoles sont très variables d'un pays à l'autre et nécessitent de grandes quantités supplémentaires d'eau pour l'irrigation dans des conditions de stress hydrique, où l'eau conventionnelle - en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation et du changement climatique - devient de plus en plus rare et l'approvisionnement en eau d'irrigation ne peut être assuré sans le concours des eaux non conventionnelles comme les eaux de drainage agricole.

2.5. Aggravation prévisible de la rareté de l'eau due aux changements climatiques

Pour les pays du Maghreb, les simulations climatiques à l'horizon 2100 projettent une hausse des températures d'une moyenne de 3 °C, une baisse des précipitations de 20 pour cent en moyenne et une diminution significative des ressources en eau qui pourra atteindre 40 pour cent, surtout dans les régions du nord.

L'engagement clair des pays pour les accords internationaux et leurs ratifications sur le climat et la mise en place des comités nationaux se focalisant sur le changement climatique ont pu orienter leurs politiques de gestion des ressources en eau vers une approche plus proactive, participative et durable mais sans inclusion claire du développement de ressources en eau non conventionnelles, dont les eaux usées traitées font partie.

La gestion des ressources en eau reste un des défis majeurs pour les pays du Maghreb exacerbés par les changements climatiques, comme la lutte contre la désertification, la sécheresse et la dégradation des terres agricoles qui menacent plus de 80 pour cent de chaque territoire national. En effet, dans le cadre des plans d'action nationaux de lutte contre la désertification et des stratégies sectorielles, d'importants projets et programmes ont été réalisés, mais demeurent insuffisants.

L'adaptation aux changements climatiques fait partie intégrante des contributions déterminées au niveau national des pays. Néanmoins, des progrès sur le plan institutionnel et législatif sont encore nécessaires ainsi que des mécanismes financiers dédiés pouvant atténuer l'aggravation de la rareté de l'eau dans la région. Malheureusement, des faiblesses persistent en matière de connaissances et d'évaluation détaillée des risques majeurs liés à la rareté de l'eau et de leur prise en compte dans les décisions en matière de gestion, planification, investissement et développement.

2.6. L'eau de drainage agricole: un potentiel valorisable et un appui pour les objectifs de développement durable

La rareté de l'eau dans la région pousse de plus en plus les gouvernements des pays maghrébins à rechercher des ressources en eau supplémentaires afin de répondre à une demande d'eau accrue. De ce fait, les ressources en eau non conventionnelles, notamment les eaux de drainage agricole, pourraient contribuer à répondre à cette demande, principalement pour le secteur agricole et plus précisément pendant les périodes de sécheresse. En effet, le potentiel de ces ressources est très important et augmente avec les années.

Les pays de la région du Maghreb ont inscrit les objectifs et les principes du développement durable dans leurs politiques et programmes de développement. Des processus de réformes institutionnelles et réglementaires ont été engagés avec diverses procédures juridiques de plus en plus adaptées aux principes et aux exigences environnementales. Il est à souligner également la mise en place de structures et d'agences comme mécanismes institutionnels avec l'identification des stratégies, des programmes et des projets ciblés renforçant ainsi progressivement le développement durable à travers toute la région du Maghreb.

De façon générale, le taux de réalisation des objectifs du développement durable pour la région du Maghreb a atteint une moyenne de 61,4 pour cent, à savoir 67,1 pour cent pour la Tunisie, 66,3 pour cent pour le Maroc, 65,9 pour cent pour l'Algérie et 53,8 pour cent pour la Libye et la Mauritanie.

Tous les pays de la région ont traité directement et indirectement les cibles de l'ODD 6 dans leurs programmes de développement durable pour promouvoir des solutions durables aux défis complexes de la région du Maghreb en créant un cadre pour guider et suivre les réponses de chaque pays.

Alors que cette région est confrontée à des risques croissants de rareté de l'eau, l'approvisionnement en eau reste vital pour la production alimentaire et essentiel pour atteindre les ODD. C'est pourquoi la gestion de l'eau, et particulièrement la gestion des eaux de drainage agricole, est un déterminant essentiel de la capacité des pays du Maghreb à atteindre les cibles de l'ODD 6 appelant à l'amélioration de la gestion des ressources en eau de manière globale, inclusive et intégrée. L'indicateur 6.3.2 «Pourcentage des ressources en eau de surface dont la qualité moyenne est bonne ne présentant aucun risque pour l'écosystème et la santé humaine» est adopté par tous les pays du Maghreb pour suivre l'état d'avancement de la cible 6.3 des ODD, qui est la plus étroitement liée à la gestion des eaux de drainage.

Les ressources en eau et leur réutilisation pour le développement agricole sont insuffisamment documentées et non référencées. C'est pourquoi l'évaluation du potentiel des eaux de drainage nécessite des études de base et de cartographie sur les volumes disponibles et leur évolution dans le temps et dans l'espace pour tous les pays du Maghreb arabe.

3. CAS DE L'ALGÉRIE

Pour la mobilisation des ressources hydriques non conventionnelles en Algérie, outre les barrages et les retenues collinaires, ont été réalisées des infrastructures de dessalement de l'eau de mer. En 2016, il existait 13 grandes stations de dessalement d'une capacité totale de production de 2,3 millions de m³/jour, dont 11 grandes stations d'une capacité de 2,21 millions de m³/jour mises en service, correspondant à une production de 806,6 millions de m³/an.

Les eaux usées sont traitées par 171 stations d'épuration (il n'en existait que 10 en l'an 2000) ayant une capacité d'épuration de 900 millions de m³/an. Si 94 pour cent de la population est équipée d'assainissement, 40 pour cent seulement sont raccordés aux stations d'épuration. L'objectif ciblé est d'atteindre 100 pour cent au niveau national à l'horizon 2030.

L'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation n'en est qu'à ses balbutiements. Avec une production d'eaux usées estimée à 1,2 milliard de m³/an et une capacité de traitement de 0,8 milliard de m³/an, l'Algérie réutilise aujourd'hui seulement 0,1 milliard de m³/an.

Il est à noter que les eaux de drainage ne sont pas comptabilisées dans les eaux non conventionnelles, car les infrastructures de drainage ne sont suivies que dans leurs aspects réalisation, entretien et aménagements.

Le plan directeur d'aménagement des ressources en eau (PDARE) a été institué par la loi relative à l'eau. Pour chaque unité hydrographique naturelle, il est institué un plan directeur des ressources en eau, qui définit les choix stratégiques de mobilisation, d'affectation et d'utilisation des ressources en eau, y compris les eaux non conventionnelles.

Le Ministère des ressources en eau (MRE) a produit un plan national de l'eau (PNE) couvrant la période 2009-2030. Ce plan comprenait une évaluation et une confrontation de l'offre et de la demande en eau sur la période 2015-2030 pour les différents besoins et pour les différentes régions du pays. Sur cette base, il a défini des programmes d'aménagements hydrauliques à entreprendre aux différents horizons 2015-2020-2025-2030 sur les territoires des cinq agences des bassins.

En 2030, la stratégie prévoit que les infrastructures hydrauliques réalisées devront sécuriser la couverture des besoins en eau potable, industrielle et agricole à travers la mobilisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles.

3.1. Potentiel des eaux de drainage en Algérie

AU NORD DU PAYS

Les superficies équipées de réseaux de drainages se trouvent au niveau des grands périmètres irrigués (GPI).

L'estimation se fera selon deux scénarios:

• **Scénario A. Seules les superficies des GPI irrigables par mode gravitaire sont drainées**

Actuellement, c'est la situation la plus probable.

Les volumes des eaux de drainage ont été estimés sur la base des données du Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (MADR) relatives aux superficies irriguées, aux volumes d'eau alloués à l'irrigation et aux résultats du bilan hydrique.

On considère que la superficie irriguée par aspersion ou au goutte à goutte reçoit un volume d'irrigation sans dose de lessivage et ne peut donc être drainée.

Selon le scénario A, les superficies irriguées et équipées au niveau des GPI dont l'irrigation est gérée par l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID) totalisent 233 390 ha, 185 716 ha sont irrigables sur lesquels seulement 84 182 ha (36 pour cent de la superficie totale et 45 pour cent de la superficie irrigable) sont habilités à produire des eaux de drainage.

Les volumes des eaux de drainage sont des estimations obtenues par application des résultats du bilan hydrique tandis que les autres données ont été obtenues du MRE.

Dans ces conditions et selon le scénario A:

- superficie totale irriguée au nord de l'Algérie en 2019: 1 026 497 ha;
- superficie drainée au nord: 102 042 ha;
- eaux de drainage produites: 79,59 millions de m³/an;
- pourcentage de superficie drainée au nord/superficie irriguée au nord: 9,9 pour cent.

• **Scénario B. Toutes les superficies équipées au niveau des GPI sont drainées**

Cette situation est actuellement peu probable, mais peut se concrétiser à long terme si d'important moyens financiers sont mobilisés, car les superficies irrigables au niveau des GPI ne disposent pas toutes de réseaux de drainage fonctionnels.

Les volumes d'eau alloués pour l'irrigation découlent d'une simulation, car ce n'est pas la superficie équipée totale qui est irriguée et les volumes d'eau ne sont alloués qu'aux superficies réellement irriguées.

La simulation a été faite en se basant sur la dose moyenne régionale à l'hectare et, pour les eaux de drainage, il a été utilisé les résultats du calcul du bilan hydrique, en supposant que toutes les superficies équipées sont drainées.

Les résultats de la simulation donnent une estimation des volumes à mobiliser pour l'irrigation et des volumes pouvant être drainés, si toutes les superficies des GPI gérés par l'ONID au nord du pays étaient irriguées et équipées de réseaux de drainage fonctionnels.

Le volume total des eaux de drainage qui peut être obtenu selon cette simulation est égal à 183,47 millions de m³/an. Selon le scénario B:

- superficie irriguée au nord de l'Algérie en 2019: 1 026 497 ha;
- superficie drainée au nord: 251 250 ha;
- eaux de drainage produites au nord: 197,61 millions de m³/an;
- pourcentage superficie drainée au nord/superficie irriguée au nord: 24,5 pour cent.

AU SUD DU PAYS

À l'origine, le drainage dans les palmeraies du sud est utilisé pour le lessivage des sels ou pour évacuer l'eau apportée en excès par l'irrigation, en vue de garantir un niveau de salinité acceptable et de maintenir la nappe phréatique à la bonne profondeur et permettre ainsi un bon développement des palmiers.

Les deux régions où est observé le plus grand potentiel, où le drainage est fonctionnel et où les quantités d'eau de drainage peuvent être évaluées sont la vallée de l'oued Righ (wilayas d'El Oued et de Ouargla) et la cuvette de Ouargla (wilaya de Ouargla).

- **Le cas de la cuvette de Ouargla**

En se basant sur le fait que la station de pompage des eaux de drainage (SPED), située au nord de l'agglomération de Ouargla et destinée à évacuer les eaux de drainage vers l'exutoire (Chott Oum Eraneb), a une capacité de pompage de 1,2 m³/s et qu'elle fonctionne actuellement à plein régime, on obtient ce qui suit: le volume annuel pompé au niveau de la SPED est égal à 37,843 millions de m³/an.

Mais ce volume n'est pas seulement composé des eaux de drainage agricole car une partie des eaux usées de l'assainissement de l'agglomération est rejetée dans les drains à plusieurs points, ce qui fait que le volume pompé par la SPED est composé des eaux de drainage et, en partie, des eaux usées urbaines. Selon l'office national de l'assainissement (ONA) de Ouargla, les eaux qui arrivent à la SPED sont un mélange d'eaux usées urbaines (20 pour cent) et d'eaux du drainage agricole (80 pour cent), et le nombre exact des nombreux points de rejet n'est pas connu. Nous avons remarqué que ces eaux étaient noires et qu'elles dégageaient une odeur nauséabonde.

Nous avons estimé, selon les volumes distribués pour l'irrigation au sud, que la dose moyenne annuelle apportée aux palmiers est de 16 650 m³/ha/an.

En sachant que la superficie de l'ancienne palmeraie drainée, dans la vallée de Ouargla, est de 6 000 ha et qu'au sud le drainage représente environ 30 pour cent des eaux apportées par l'irrigation, nous obtenons ce qui suit:

- Le volume des eaux de drainage est égal à 29,97 millions de m³/an (79,2 pour cent des eaux pompées par la SPED).
- Le reste du volume pompé par la SPED provient des eaux usées urbaines non traitées et représente 7 873 200 m³/an.

Cela confirme les déclarations des responsables de l'ONA (Ouargla) qui nous ont précisé qu'environ 20 pour cent des eaux pompées au niveau de la SPED proviennent des eaux de l'assainissement urbain, sans passer par la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Ouargla, qui se trouve à proximité de la SPED, sachant que ces eaux sont déversées bien en aval, dans les drains secondaires et le collecteur principal.

- **Le cas de la vallée de l'oued Righ**

Le débit moyen du canal collecteur des eaux de drainage de la vallée de l'oued Righ est de 5,1 m³/s. Cela veut dire que le canal évacue un volume de 160,83 millions de m³/an.

De même que dans le cas de Ouargla, on observe en plusieurs points le rejet des eaux usées de l'assainissement urbain dans le drain principal (collecteur).

La superficie cultivée en palmiers dans la vallée de l'oued Righ est de 25 000 ha. La dotation moyenne annuelle, en eau d'irrigation à l'hectare, pour les superficies complantées en palmiers au sud, est de 16 650 m³/ha/an. La dose de lessivage dans la région est d'environ 30 pour cent de la dose d'irrigation.

Alors on obtient ce qui suit:

- eaux de drainage nettes: 124,88 millions de m³/an (77,65 pour cent des eaux du collecteur);
- eaux usées urbaines rejetées dans le canal collecteur: 35,95 millions de m³/an.

- **Le cas de Bechar**

Le seul périmètre équipé est le périmètre irrigué d'Abadla (5 400 ha), irrigué à partir du barrage Djorf El Torba, dont une grande partie est actuellement délaissée et le réseau de drainage ne fonctionne pas, il est ensablé et colmaté par les phragmites, les roseaux et même des tamarix. Il n'y a pas de potentialités en eaux de drainage.

- **Le cas de Biskra**

Les seules régions avec des superficies équipées de réseaux de drainage se trouvent au niveau de la daïra de Tolga et de Sidi Khaled, les superficies drainées sont complantées de palmiers dattiers et ne dépassent guère 1 000 ha.

L'efficacité de ces réseaux reste limitée et ne dépasse pas 50 pour cent, en raison du colmatage et du manque d'entretien.

- **Le cas d'Adrar (Timimoune) (wilaya d'Adrar)**

La superficie irriguée équipée de drainage est de 350 ha. Elle se trouve au niveau de la daïra de Timimoune, mais le fonctionnement du réseau reste limité en raison du manque d'entretien et du vandalisme.

- **Le cas de Ghardaïa (El Ménéa et Zelfana)**

L'efficacité est considérée comme insuffisante ou simplement nulle en raison du manque d'entretien des réseaux envahis par les roseaux et ensablés.

En conclusion, dans toutes les régions citées, l'entretien des réseaux de drainage reste occasionnel et le drainage n'est pas considéré comme une priorité, en raison du coût qu'il engendre et qui dépasse les budgets des agriculteurs pris individuellement.

Selon l'Institut technique de développement de l'agronomie sahéenne (ITDAS), les superficies réellement drainées au sud, autres que celles de Ouargla et de l'oued Righ, ne dépassent pas 2 500 hectares.

Si on considère ce chiffre avec les mêmes considérations que précédemment pour l'estimation des volumes d'eaux de drainage au niveau de l'oued Righ et Ouargla, on estime que les eaux de drainage produites dans les régions autres que la cuvette de Ouargla et la vallée de l'oued Righ atteignent 12,49 millions de m³/an. Notons par ailleurs que les eaux de drainage du sud sont toutes salées et la conductivité électrique varie entre 7 et 20 dS/m.

3.2. État des lieux de la réutilisation des eaux de drainage

Après un passage en revue de la possible mobilisation des eaux de drainage, nous constatons que les agriculteurs réutilisent déjà les eaux de drainage mais de façon très limitée.

Actuellement il est très difficile de recenser ces agriculteurs et de suivre leurs pratiques d'irrigation; ils ne veulent pas se faire connaître car, au yeux de la loi, ils ne sont protégés par aucune réglementation.

Les eaux de drainage sont parfois polluées par les rejets des eaux de l'assainissement urbain et par les possibles contaminations causées par les pesticides; elles peuvent également véhiculer des agents pathogènes pouvant provoquer des maladies pour les cultures ou même pour les humains ou les animaux.

Notons aussi la salinité de ces eaux, qui est parfois très élevée, surtout au niveau des drains principaux (collecteurs).

Actuellement, les agriculteurs qui utilisent ces eaux ne sont pas accompagnés techniquement ou administrativement. Il n'y a pas de suivi continu par des analyses des eaux de drainage, soit au niveau des drains (émissaires secondaires ou collecteur principal), soit au niveau des exutoires (oueds, cours d'eau, chott). Aucune loi ne régit la réutilisation des eaux de drainage.

Il est à noter également la faible efficacité des drains, surtout tertiaires, ce qui rend aléatoire la disponibilité des eaux de drainage. Pour faciliter l'écoulement des eaux de drainage et augmenter l'efficacité des réseaux, c'est principalement le drainage tertiaire, «drainage à la parcelle», qu'il faudra réhabiliter. Les grands réseaux existent et sont périodiquement entretenus par les structures chargées de ces travaux.

Est-ce que ces eaux de drainage mobilisables et renouvelables vont être recyclées pour le même champ, irriguer d'autres cultures des champs voisins ou bien seront-elles utilisées pour l'irrigation de nouvelles parcelles?

Si des pesticides sont appliqués au champ, ils peuvent causer un problème si l'irrigation est appliquée à une autre culture pour laquelle ces pesticides ne conviennent pas.

Il est peu probable que cela pose un problème si l'eau est drainée d'un champ et recyclée sur le même champ, mais si plusieurs champs déversent dans le même collecteur, il peut y avoir un risque sur la culture qui peut être endommagée. Des recherches sont nécessaires pour évaluer ce risque.

• AU NORD

Les agriculteurs réutilisent ces eaux d'une façon indirecte, en pompant l'eau dans les oueds et les cours d'eau utilisés comme exutoires, où sont déversées les eaux de drainage.

Ces eaux pompées par les agriculteurs sont un mélange des eaux se trouvant initialement dans les oueds et de celles du drainage agricole, on peut même observer dans certains cas des eaux de l'assainissement urbain et/ou industriel.

Les agriculteurs ne sont encadrés par aucune structure pour une utilisation saine, réglementée et durable de ces eaux.

• AU SUD

Dans deux zones potentielles du sud du pays, certains agriculteurs utilisent ces eaux en la pompant directement des drains (principalement secondaires mais parfois même du collecteur principal). Ces zones sont la vallée de l'oued Righ et la cuvette de Ouargla.

Ces deux zones offrent, effectivement, des possibilités évidentes de réutilisation des eaux de drainage, mais nécessitent un investissement important, ainsi qu'un accompagnement positif et continu.

Malgré cette situation, l'ITDAS a entrepris depuis 2010 des travaux d'essais et de vulgarisation, au niveau de la vallée de l'oued Righ, mais ils restent limités dans le temps. Les eaux de drainage réutilisées par cette structure lors des essais de démonstration étaient puisées à partir des drains secondaires, qui ne sont pas pollués par les eaux usées urbaines.

Les avantages de la réutilisation des eaux de drainage:

- disposer d'une source d'eau alternative, disponible toute l'année dans le sud et pendant la saison critique (été) dans le nord;
- augmenter les superficies irriguées;
- économiser les ressources conventionnelles;
- protection des milieux récepteurs (oueds, littoral, plans d'eau).

Les inconvénients de la réutilisation des eaux de drainage:

- inexistence de textes réglementant leur utilisation, comme pour les eaux usées traitées;
- nécessite la prise de précautions pour la santé publique et la protection des cultures;
- prendre des mesures de préservation des sols ou de désalinisation des eaux, en cas de salinité très élevée.

3.3. Analyse diagnostic de la zone potentielle de la cuvette de Ouargla

Située au nord du Sahara, à 800 km au sud-est d'Alger, la cuvette de Ouargla occupe le fond d'une cuvette de 1 000 km², dans la basse vallée de l'oued M'ya (134 m d'altitude) qui s'étend sur une soixantaine de kilomètres du sud au nord.

Dans cette zone, les superficies concernées par le drainage sont surtout celles de l'ancienne palmeraie qui couvre 6 000 hectares.

Habitée, cultivée, irriguée et drainée depuis des centaines d'années, l'ancienne palmeraie et l'agglomération de Ouargla ont connu, dans les années 1990, une remontée en surface de la nappe phréatique, phénomène dû essentiellement aux eaux de l'assainissement urbain. Le dépérissement de la palmeraie s'accroissait de jour en jour et les mares d'eau polluée apparaissaient partout, gênant la vie des citoyens. C'est suite à ces conditions que l'État a lancé, en 2005, un projet pour remédier à cette situation et dont la gestion a été confiée à l'Office national de l'assainissement algérien (ONA).

Ce projet, en plus de la réalisation d'infrastructures destinées à l'assainissement des eaux domestiques et industrielles, comprend la réalisation d'une station de pompage des eaux de drainage (SPED) d'une capacité de 1 200 l/s qui rejette actuellement ces eaux au niveau de la sebkha d'Oum Raneb, et d'un réseau de drains émissaires, et principalement d'un drain principal collecteur relié aux émissaires, qui entoure toute l'agglomération et l'ancienne palmeraie de Ouargla.

Malgré la réalisation d'un tel projet, Ouargla souffre encore de la remontée des eaux, puisqu'à ce jour certains quartiers de la ville, ainsi que des zones agricoles de l'ancienne palmeraie, demeurent envahis par les eaux.

Tout le réseau de drainage dans la cuvette de Ouargla est constitué de canaux à ciel ouvert. Le plus grand problème, selon notre diagnostic, est celui du drain collecteur principal qui entoure l'agglomération et l'ancienne palmeraie de Ouargla. Il est destiné à collecter les eaux des émissaires secondaires, mais on peut observer, à plusieurs points, au niveau de ces émissaires et même au niveau du collecteur, le déversement des eaux usées urbaines.

Neuf stations de déminéralisation ont été réalisées dans la wilaya de Ouargla. Ces stations devaient normalement assurer une production globale de 52 875 m³/jour d'eau à faible salinité. Elles rejettent des eaux très salées, suite à la déminéralisation, dans le réseau d'assainissement qui les rejette, à son tour, dans le réseau de drainage, ce qui fait que les eaux usées et les eaux de drainage qui arrivent à la STEP et à la SPED de Ouargla sont très salées et leur conductivité électrique dépasse 20 dS/m.

Par conséquent, les eaux considérées comme eaux de drainage agricole sont actuellement polluées et très salées. Les services de la direction des ressources en eau de la wilaya (DREW) et de l'ONA nous ont affirmé qu'une opération est en cours et que le problème va être résolu.

3.4. Analyse diagnostic du système de drainage de la vallée de l'oued Righ

La vallée de l'oued Righ est une entité agroécologique qui regroupe près de 50 oasis, situées au nord-est du Sahara algérien, le long du grand erg oriental et au sud du massif des Aurès. Cette région a pour principale activité la culture du palmier dattier (système oasien).

La vallée s'étend sur un axe sud-nord, dans une dépression de forme allongée, sur 150 km de longueur et de 30 à 40 km de largeur suivant les endroits.

Les palmeraies couvrent une superficie de 25 000 ha, débutant au nord par la palmeraie d'Oum Tiour (wilaya d'El Oued) et se terminant au sud par la palmeraie d'El-Goug (wilaya de Ouargla). Administrativement, la vallée de l'oued Righ chevauche deux wilayas, El Oued et Ouargla et englobe cinq dairas: deux - Djamaa et Meghaier - dans la wilaya d'El Oued et trois - Mégarine, Touggourt et Temacine - dans la wilaya de Ouargla.

Ses limites sont, au nord, la wilaya de Biskra, au sud, la wilaya de Ouargla, à l'est, la wilaya d'El Oued et à l'ouest, la wilaya de Djelfa.

Les opérations de lessivage et de drainage sont indispensables dans les périmètres irrigués des zones arides. La nécessité du drainage dans la vallée de l'oued Righ s'est fait ressentir durant la période coloniale.

En effet, l'augmentation des débits des eaux d'irrigation et l'extension des plantations dans les parties basses de la vallée ont entraîné une saturation de la nappe phréatique, ce qui a eu pour conséquence le pourrissement des sols dans les parties les plus basses de certaines oasis et le dépérissement des oasis hautes. Ce phénomène a incité les sociétés coloniales, dès 1925, à entreprendre le creusement d'un grand canal collecteur des eaux de drainage, long de 90 km, pour évacuer les eaux de drainage vers le chott Merouane, au nord de la vallée, à la hauteur d'Ourir et Oum Tiour.

Les travaux relatifs à l'ouverture du grand drain ont été redémarrés par les pouvoirs publics algériens à partir des années 1970 et achevés en 1984.

Ce grand drain de 10 à 15 m de largeur et de 150 km de long, appelé aussi canal Oued-Righ, reçoit les eaux de drainage à travers des drains secondaires et primaires sortant des palmeraies ainsi que les eaux usées des agglomérations le longeant.

Le chott Merouane, où sont rejetées les eaux de drainage de la vallée de l'oued Righ, a une superficie qui avoisine 27 000 ha et une altitude pouvant aller jusqu'à 40 m au-dessous du niveau de la mer.

Tout le réseau de drainage dans la vallée d'Oued Righ est constitué de canaux à ciel ouvert. Les eaux de drainage vont de salées à très salées avec une salinité qui varie entre 4 et 17 g/l.

Le réseau de drainage est parfois envahi par des roseaux et autres végétaux ainsi que par du sable, rendant difficile l'évacuation des eaux. Pour cela, des curages périodiques pour supprimer la végétation et relever les éboulements fréquents en terrain meuble sont nécessaires et sont entrepris par l'ONID.

3.5. Conclusions préliminaires sur la réutilisation des eaux de drainage en Algérie

Les estimations ont été faites sur la base des superficies irriguées actuellement. Les objectifs affichés par le MADR sont de deux millions d'hectares irrigués, mais on suppose que les extensions futures utiliseront les systèmes d'irrigation économiseurs d'eau, donc ne produisant pas d'eau de drainage.

• À COURT TERME

Les eaux de drainage des émissaires secondaires peuvent être utilisées telles qu'elles sont, puisque dans la majorité des cas elles ne sont pas polluées par les eaux usées urbaines.

Un système de suivi permanent de la qualité des eaux de drainage, ainsi qu'une réglementation encadrant l'utilisation de ces eaux, sont à mettre en place avant leur utilisation.

• À MOYEN TERME

Il peut être produit au nord 79,59 millions de m³/an d'eaux de drainage et 169,84 millions de m³/an au sud, soit un total de 249,43 millions de m³/an.

Les volumes pouvant être produits à moyen terme au sud représentent 68 pour cent du volume total pouvant être produit dans le pays.

Les superficies susceptibles d'être irriguées avec ces eaux, en considérant les dotations en eaux d'irrigation

utilisées dans nos précédents calculs, sont estimées comme suit au nord, 16 853 ha, et au sud, 10 201 ha (palmier dattier), soit un total de 27 054 ha.

Hors palmeraies, si des superficies cultivées en espèces maraîchères, céréalières ou fourragères sont irriguées, elles représentent, au nord, 16 853 ha et au sud, 58 005 ha, soit un total de 74 858 ha.

Les recommandations pour atteindre cet objectif sont:

- Résoudre les problèmes de pollution des eaux de drainage par les rejets des eaux de l'assainissement urbain et industrielle, principalement au niveau des drains principaux (collecteurs). La meilleure solution réside dans la séparation des deux réseaux car, dans certains cas, le rejet des eaux usées urbaines est autorisé quand il n'y a pas de canalisation principale d'évacuation des eaux usées vers un exutoire et que l'exutoire est le même pour les deux types d'eau. Les réseaux d'assainissement existants sont uniquement ceux qui se trouvent à l'intérieur des tissus urbains, mais les canalisations principales, collectrices des eaux usées, sont inexistantes, d'où la contrainte de rejeter les eaux de l'assainissement urbain dans les drains collecteurs.
- Réfection et maintenance continues des drains et augmentation de leur efficacité. Pour une réutilisation saine et durable des eaux de drainage, il est impératif de réaliser une étude qualitative et quantitative approfondie de chaque cas. Il est recommandé aussi d'étudier les impacts sur le milieu récepteur.
- Réaliser des stations de dessalement en cas de salinité très élevée, ce qui est le cas des GPI de l'ouest (Oranie et Cheliff) et des superficies irriguées au sud (oued Righ et Ouargla).
- Mettre en place une réglementation permettant une réutilisation légale, saine et durable.
- Mettre en place des systèmes de suivi des quantités et de la qualité des eaux de drainage et de leurs impacts sur la santé publique, sans oublier l'aspect phytosanitaire des cultures.

3.6. Cadre réglementaire de la réutilisation des eaux de drainage

Le principe de développement durable est inscrit dans les principaux textes des lois et instructions concernant l'aménagement du territoire, la protection de l'environnement ainsi que la gestion et la mobilisation des ressources en eau.

La Constitution algérienne de 2016 accorde, à travers son article 19, de l'importance à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles ainsi qu'à leur préservation au profit des générations futures.

La loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau revoit complètement la législation algérienne en la matière, et ce, en vue de mettre en œuvre les outils stratégiques de gestion intégrée de la ressource en eau dans le cadre d'un développement durable. Cette loi a été la première étape d'un processus de réforme, dans le sens d'une politique nationale orientée vers l'équité et l'universalité de l'accès à l'eau, la préservation qualitative et quantitative de la ressource et la gestion rationnelle et économique planifiée à l'échelle du bassin versant. Celle-ci est assortie de plusieurs textes d'application sur les budgets et crédits, les organismes opérationnels et le personnel qualifié afin de mobiliser, répartir et protéger au mieux les ressources en eau du pays.

Le droit d'accès à l'eau et à l'assainissement et la préservation qualitative et quantitative des ressources en eau sont expressément mentionnés dans les textes juridiques algériens.

Outre la loi relative à l'eau de 2005, ce droit est mentionné dans la loi n° 85-05 relative à la promotion de la santé et dans la loi n° 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Considéré comme le premier consommateur des ressources en eau mobilisées (67 pour cent), avec un taux de gaspillage important, le secteur de l'agriculture est également visé par cette panoplie de lois.

- La loi n° 05-12 du 4 août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n° 60-2005).
- Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges type y afférent.
- Les arrêtés interministériels du 2 janvier 2012 qui mettent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149, publié en janvier 2012 par le Ministère des ressources en eau (JO n° 41-2012). Ces arrêtés fixent:

- Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et physico-chimiques.
- La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.
- La norme algérienne n° 17683 «Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles. Spécifications physico-chimiques et biologiques», est disponible auprès de l'Institut algérien de normalisation (IANOR). La réutilisation des eaux usées traitées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux.
- Selon l'article 4 de la loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau, publiée dans le Journal officiel n° 60 du 4 septembre 2005

Les ressources en eau non conventionnelles sont constituées par:

- les eaux de mer dessalées et les eaux saumâtres déminéralisées dans un but d'utilité publique;
- les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique;
- les eaux de toute origines injectées dans les systèmes aquifères par la technique de recharge artificielle.

On remarque que la réglementation ne parle pas de la réutilisation des eaux de drainage, ni des eaux de drainage comme ressource non conventionnelle.

La loi relative à l'eau de 2005 stipule dans son article 71: «Toute utilisation de ressources en eau, y compris les eaux destinées à l'usage agricole et les eaux non conventionnelles, par des personnes physiques et morales, de droit public ou privé, au moyen d'ouvrages et d'installations de prélèvement d'eau ou à des fins d'aquaculture, ne peut être effectuée qu'en vertu d'une autorisation ou d'une concession, délivrée par l'administration compétente conformément aux dispositions de la présente loi et de ses textes d'application».

En conclusion, dans la loi relative à l'eau de 2005, les eaux de drainage ne sont pas citées comme ressources en eaux, ni conventionnelles, ni non conventionnelles, sauf si on considère ces eaux comme des eaux usées brutes et, dans ce cas, la loi interdit leur utilisation (Art. 130. L'utilisation des eaux usées brutes pour l'irrigation est interdite).

Ces eaux ne peuvent pas être considérées comme conventionnelles car la loi de 2005 dans son article 4 précise la consistance du domaine public hydraulique naturel.

Ce constat nous confirme la nécessité d'une réglementation relative à la réutilisation des eaux de drainage, surtout que la loi relative à l'eau, dans son article 2, spécifie comme l'un de ses objectifs la valorisation des eaux non conventionnelles:

- inclure les eaux de drainage parmi les eaux non conventionnelles;
- mettre en place des normes de réutilisation pour les eaux de drainage, comme celles des eaux usées traitées.

3.7. Identification des modèles de réussite de la réutilisation des eaux de drainage

Deux projets ont été réalisés au niveau de la vallée de l'oued Righ (wilayas d'El Oued et d'Ouargla).

• PREMIER PROJET

Ce projet a été réalisé en coopération avec le Centre arabe pour l'étude des zones arides et des terres sèches (ACSAD), le financement du projet étant pris en charge par les deux parties (Algérie et ACSAD).

L'impact le plus sensible a été celui de l'apport technique fourni par les experts de l'ACSAD, lors des formations des cadres de l'ITDAS et durant les missions d'encadrement des travaux, effectuées en Algérie par les experts de l'ACSAD.

Il s'agit d'un projet de recherche développement, comprenant une importante composante relative à la vulgarisation des acquis chez les agriculteurs.

Les résultats obtenus sont les suivants:

- introduction des techniques culturales et d'irrigation permettant une agriculture durable chez les utilisateurs des eaux de drainage;
- amélioration des revenus des agriculteurs;
- augmentation du nombre d'agriculteurs maîtrisant l'irrigation avec les eaux de drainage;
- renforcement des liens entre agriculteurs, techniciens et vulgarisateurs.

Les travaux qui ont donné des résultats très concluants sont:

- les techniques de l'alternance et du mélange des eaux de drainage et des eaux des forages, pour l'irrigation;
- le rôle de la matière organique sur l'atténuation des effets de la salinité sur les cultures suivantes:
 - cultures d'hiver: blé dur, betterave potagère et ail;
 - cultures d'été: pourpier, sesbania;
- l'utilisation des légumineuses comme engrais vert (fève et sesbania) sur le sorgho et le blé;
- les effets de la salinité sur les rendements de certaines cultures condimentaires (fenugrec, vélar, anis et coriandre);
- les effets de la salinité sur les rendements des céréales à paille (blé dur, blé tendre et orge).

• DEUXIÈME PROJET

Projet de coopération avec la FAO sur la valorisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles dans l'irrigation des cultures fourragères et du palmier dattier, dans la vallée de l'oued Righ.

3.8. Analyse de l'impact de l'utilisation des eaux de drainage en agriculture oasienne

Les résultats obtenus lors de l'utilisation des eaux de drainage en irrigation au niveau des sites de démonstration prouvent d'une manière évidente que cette eau est utilisable pour irriguer certaines cultures, à l'instar des céréales et des cultures fourragères, avec une gestion rigoureuse de l'irrigation et de la fertilisation et un suivi de la salinité des sols.

Cela a permis de réaliser des rendements économiquement acceptables et des gains conséquents ont donc été obtenus par les agriculteurs.

Les sols cultivés ont aussi été préservés car les niveaux de salinité sont restés les mêmes qu'avant le semis:

- Les bonnes pratiques agricoles lors de l'utilisation de ces eaux sont mises en évidence.
- Un plan d'action participatif a été proposé aux agriculteurs, pour une meilleure valorisation de ces eaux, pour le développement du palmier dattier et d'autres cultures tolérantes à la salinité, en se référant aux

résultats obtenus dans le projet ACSAD/ITDAS, cité plus haut, sur l'utilisation des eaux de drainage en agriculture dans la vallée de l'oued Righ.

- De nouveaux agriculteurs, des techniciens et responsables des services de l'agriculture ont été convaincus de la possible utilisation des eaux de drainage dans l'irrigation.
- Les agriculteurs adhérant au projet maîtrisent mieux les techniques de l'irrigation avec les eaux de drainage.

3.9. Conclusion

Le diagnostic et l'analyse de l'état de l'art des eaux de drainage et de leur utilisation pour le développement agricole ont permis de conclure que les eaux de drainage ne sont pas réutilisables à grande échelle et en grande quantité dans leur état, en raison des facteurs suivants:

- Absence d'études réalisées à grande échelle et d'expertise dans ce domaine.
- Manque de résultats de la recherche locale: la réutilisation des eaux de drainage reste très limitée et non encadrée.
- Manque de données et d'informations relatives à la qualité et aux volumes des eaux de drainage.
- La qualité des eaux de drainage est considérée comme mauvaise et leur production est aléatoire.
- La salinité des eaux de drainage est très élevée dans plusieurs cas, surtout au sud du pays.
- Les eaux de drainage sont polluées par les rejets des eaux usées urbaines et industrielles, surtout au niveau des collecteurs. Les eaux de drainage sont parfois contaminées par les pesticides.
- Il n'existe pas de réglementation relative à la réutilisation des eaux de drainage.
- Les réseaux de drainage sont, dans la majorité des cas, constitués de canaux à ciel ouvert, ce qui augmente le risque d'éboulement, de pollution par les rejets des eaux usées urbaines et industrielles ainsi que l'encombrement par les plantes, comme les roseaux.

Pour une réutilisation saine et durable des eaux de drainage et afin de protéger l'humain, les animaux et les végétaux ainsi que tout l'environnement, et valoriser au mieux ces eaux dans un cadre légal, il est recommandé d'investir au niveau des collecteurs dans:

- le suivi de la qualité (salinité, autres éléments chimiques et pathogènes);
- le traitement des eaux de drainage (par la mise en place de STEP adaptées à ces eaux et de stations de déminéralisation);
- la séparation des réseaux principaux des eaux de l'assainissement urbain et industriel de ceux du drainage agricole;
- l'évaluation continue des volumes réels;
- la mise en place de systèmes et réseaux de collecte et de redistribution des eaux de drainage en vue de leur réutilisation;
- la réfection et l'entretien permanents des réseaux;
- l'équipement en moyens et le renforcement de la police de l'eau: sa mission ainsi que les infractions et les sanctions sont détaillées dans les articles 159 à 179 de la loi du 4 août 2005 mais, par manque de moyens humains et matériels, ses interventions restent très limitées;
- la mise en place d'une base de données dynamique et d'un système d'information géographique, relatifs au drainage et aux eaux non conventionnelles;
- la mise en place d'une réglementation relative à la réutilisation des eaux de drainage.

Les eaux des drains secondaires peuvent être utilisées telles quelles, avec un minimum d'investissement, à savoir:

- le suivi de la salinité et de la qualité sanitaire de ces eaux;
- la réfection et l'entretien permanent des réseaux de drainage, pour augmenter leur efficacité;
- l'équipement des superficies irriguées nécessitant un drainage de réseaux de drainage.

Il est recommandé d'investir dans l'encadrement des agriculteurs et des usagers de l'eau d'irrigation et de les appuyer pour qu'ils s'organisent en associations et les convaincre de charger l'ONID de la gestion de l'irrigation et du drainage, au niveau de toutes les superficies irriguées du pays. Il est nécessaire de permettre à l'ONID, par le renforcement de la réglementation, de collecter toutes les redevances et de conduire tous les projets relatifs à l'irrigation et au drainage. Le soutien de l'État à l'irrigation passera par cette structure.

Les usagers de l'eau, à travers les associations, participeront à la planification, au financement et au suivi-évaluation de tout projet commun d'équipement, d'aménagement, de réfection ou d'entretien, touchant leur périmètre ou leur localité.

Pour une meilleure efficacité et des eaux de drainage saines, il est nécessaire d'investir pour transformer les canaux à ciel ouvert en canalisations de drainage enterrées.

4. CAS DE LA LIBYE

4.1. Projets de drainage agricole et potentiel de réutilisation

En Libye, une attention particulière a été donnée aux projets de drainage agricole et de remise en état des terres. Ci-dessous, une description détaillée de ces projets, de leurs principales caractéristiques et de leur potentiel de réutilisation comme suit:

• PROJET TAWERGHHA

Le projet est situé des deux côtés de la route côtière, à 35 kilomètres au sud de la ville de Misurata. La superficie totale du projet a été divisée en 32 unités appelées Al-Husha. La superficie moyenne d'une unité est de 75 hectares, divisée en zones plus petites d'une superficie moyenne de 6,2 hectares, à leur tour divisées en parties allant de 0,9 à 1,6 hectare. Le projet est basé sur l'exploitation de la réserve d'eau d'Ain Tawergha, considérée comme l'une des plus grandes en Libye, où son rejet atteint 2 m³/s (60 millions de m³/an) et sa salinité atteint 4,2 g/l. La deuxième phase du projet comprend le processus de lessivage des sels accumulés dans les sols, en particulier dans les zones à l'est.

Des études ont été menées sur la possibilité d'établir un projet d'élevage dans le but de produire de la viande et du lait entre 1982 et 1984. Ce projet a été mis en œuvre et a alloué des zones à l'ouest de la route côtière et des zones de Wadi Maryam et Wadi Qadayriya (environ 51 pour cent de la superficie totale du projet) pour la culture de la luzerne et d'aliments tels que l'orge et l'avoine. Pendant la période 1985-2001, le projet est resté complètement à l'arrêt en raison du manque d'entretien des stations de pompage et du système d'irrigation (canaux d'irrigation et réservoirs d'eau) ainsi que du système de drainage. Le réseau de drainage agricole du projet consiste en un réseau de drainage à ciel ouvert composé de deux drains principaux dont la profondeur varie de 0 à 3 m, tandis que les drains latéraux ont une profondeur allant de 1,2 à 1,5 m.

• PROJETS DE LA ZONE D'AL JUFRA

Cette zone comprend les projets Al Hamam, Al Furgan, Zella, Tichana et Affia. Les eaux souterraines sont produites dans cette zone à partir d'un aquifère profond. Deux projets fonctionnent depuis la fin des années 1970 et sont confrontés au problème de l'engorgement et de la salinisation des sols et à l'absence de programmes d'entretien du réseau de drainage agricole. Le manque d'entretien du système de distribution d'eau et du système de drainage de la zone des projets provoque également la détérioration des canaux de drainage des eaux dans les drains latéraux.

Ces projets sont situés à 6 km au nord-ouest de la ville de Sokna et s'étendent sur une superficie de 1 200 hectares. Ces projets ont été conçus sur la base d'une consommation de 8 millions de m³ d'eau fournis par 13 forages.

Ces projets ont mis en œuvre un réseau de drainage ouvert visant à éliminer l'excès d'eau d'irrigation autour des racines, à lessiver les sels du sol, et à maintenir un niveau d'eau souterraine approprié loin de la zone de croissance des racines. Ce réseau est un drainage public avec six drains principaux allant d'ouest en est, trois sous-drains à l'est de la route du temple se déversent dans les drains principaux, tandis qu'à l'ouest de la route du temple, cinq sous-drains allant d'ouest en est se déversent dans les canaux principaux.

• PROJET AL FURGAN

Le projet est situé à 12 kilomètres au sud-ouest de la ville de Sokna et couvre une superficie de 2 600 hectares.

Le réseau de drainage n'a pas été mis en œuvre malgré sa nécessité.

• PROJET ZELLA

Le projet est situé dans l'oasis de Zella, à 160 km au sud-est de la ville de Wadan. La superficie du projet est de 482 hectares répartis en 82 fermes d'une superficie de 5,5 à 6 hectares. Les fermes du projet sont réparties dans deux zones principales, une zone près de la ville de Zella au sud contient 50 fermes, et une autre dans la région de Taslem, à environ 13 km au sud de Zella, comprend 32 fermes. Le manque de système de drainage pose un problème majeur lié à l'excès d'eau qui entraîne un important engorgement et la salinisation des sols du projet.

4.2. Impacts économiques, sociaux et environnementaux des projets de drainage agricole

Dans les projets des exploitations avec drainage agricole, la dégradation des sols provoque plusieurs effets, dont l'augmentation des coûts de production, ce qui conduit à l'utilisation de plus grandes quantités d'eau d'irrigation en plus des engrais et des pesticides. On note également une augmentation des taux de pannes, d'usure des appareils et des équipements utilisés, notamment d'irrigation, ce qui entraîne d'énormes dépenses (coûts d'exploitation et d'entretien).

Compte tenu de la difficulté des travaux agricoles dans la plupart des zones basses de ces exploitations qui impactent négativement leur statut socioéconomique, certains agriculteurs consacrent une partie de leur exploitation à la culture de plantes consommatrices d'eau appuyées par les projets Qasbah, Barak Eshikada et Wadi al Shatti. En général, les quantités d'eau de drainage agricole diffèrent d'un endroit à l'autre en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation, de la nature et la salinité du sol, des conditions climatiques, de la nature des activités agricoles, de la mauvaise gestion et des mauvaises pratiques en l'absence d'entretien périodique des réseaux d'irrigation et de drainage.

Un certain nombre d'impacts environnementaux émergent tels que:

- Les changements de qualité de l'eau résultant de la faible efficacité du transport, de la distribution et des processus d'évaporation élevés en raison de la hausse des températures, et donc de l'accumulation des sels à la surface du sol.
- Le niveau d'eau élevé a conduit au lessivage, à la salinisation et à l'aération du sol à la surface en raison d'une forte évaporation dans les zones irriguées où le sol est caractérisé par un drainage inefficace et une faible efficacité des systèmes de drainage.
- L'épuisement des eaux souterraines et leur interférence avec les eaux de drainage ont conduit à une modification de la qualité de l'eau et à l'apparition de problèmes économiques, environnementaux et sociaux, en particulier dans les exploitations qui dépendent de l'aquifère de surface.
- Diminution de l'efficacité du système de drainage en raison de l'apparition de dépôts d'oxyde de fer, comme dans le cas du projet Barak Eshikada, et de la croissance des plantes à tiges dans les principaux canaux de drainage ouverts dans la majeure partie des projets. Les sels s'accumulent visiblement en surface des projets de drainage agricole.

4.3. L'état du futur drainage agricole

Les installations d'irrigation et de drainage jouent une grande importance pour la conservation des ressources en eau. Bien utilisées, elles peuvent réduire les effets négatifs, dont le plus important est la salinisation de l'eau, et augmenter ainsi l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des sols pour une exploitation et un accès optimal au développement agricole et la protection de l'environnement.

Ainsi, la promotion de la gestion intégrée de l'eau dans chaque région soutient le développement durable dans ces zones. Les programmes de réhabilitation des projets d'irrigation et de drainage agricoles et ceux de réutilisation durant les années à venir recevront beaucoup d'attention en raison du rôle important que jouent ces projets. Ils sont d'une grande importance pour la sécurité alimentaire et ouvrent des opportunités d'emploi.

Les zones de ces projets sont prometteuses et le développement durable peut être atteint, en réduisant le fardeau sur leurs ressources en eau, en améliorant les conditions agricoles, et en maximisant le retour des eaux de drainage.

Le rôle important des programmes de réutilisation des eaux de drainage viendra appuyer les politiques de drainage, de gestion intégrée des ressources en eau et de préservation de l'environnement. Bien

que la Libye ait acquis une expérience considérable dans ce domaine depuis le lancement de plusieurs projets de drainage agricole dans les années 1970, il est nécessaire de mettre en place de toute urgence un programme de mise en œuvre de projets et de programmes de formation et de renforcement des capacités dans le but de mener à bien la réhabilitation de la plupart des projets agricoles qui souffrent de problèmes de mauvaise gestion des systèmes d'irrigation et de drainage.

4.5. Conclusion

Est confirmé l'avis scientifique et technique des spécialistes libyens ainsi que des experts internationaux qui ont visité les zones des projets de drainage agricole et qui ont convenu dans leurs recommandations de la nécessité de trouver une solution radicale au problème de l'aggravation du drainage agricole et de la réutilisation de ces ressources. Une série de spécifications techniques ont été élaborées sous la forme d'un plan d'action à mettre en œuvre pour appuyer les projets d'assainissement et de drainage dans ces zones et profiter de ces ressources pour le développement agricole.

Les programmes de développement durable dans ces domaines sont appuyés par les institutions responsables car elles sont convaincues qu'il existe d'énormes possibilités de bénéficier de cette ressource en eau non conventionnelle en la mélangeant avec les eaux souterraines et de l'utiliser pour irriguer des superficies supplémentaires. La sélection de cultures adaptées à ces ressources en eau et l'usage en aquaculture restent des options importantes à promouvoir en prenant en compte les conditions et les contrôles de cette utilisation.

Les bonnes pratiques utilisées dans les parcs «Wadan Park» pour la pisciculture et les installations existantes dans la région d'Al-Jafra peuvent être considérées comme des expériences réussies qui peuvent être évaluées et dupliquées.

5. CAS DU MAROC

Au Maroc, la mise en valeur d'un certain patrimoine agricole productif se trouve confrontée à différents problèmes, notamment l'ensablement, l'engorgement des sols et la salinisation des horizons arables par remontée capillaire en cas d'excès d'eau, particulièrement dans les années à fortes précipitations.

Avec la diversité des conditions climatiques, les superficies souffrantes ou risquant de souffrir des défauts d'assainissement, de drainage et des problèmes de salinité des eaux et des sols, sont évaluées à près de 350 000 ha. Le Gharb en représente environ 57 pour cent (principalement des problèmes d'engorgement des sols et d'assainissement).

À cet égard, il y a lieu de signaler que la problématique du drainage et de la salinisation des sols se pose différemment selon le contexte climatique, géologique et pédologique de chaque région. Si dans les régions du nord et du nord-ouest (Gharb, Loukkos), à pluviométrie importante, le problème réside principalement dans l'engorgement des sols par l'excès d'eau pluviale ou d'irrigation, dans les régions du sud et de l'est (Tadla, Moulouya, Ouarzazat, Tafilalet), à climat aride à semi-aride, les problèmes dominants sont ceux liés d'une part à l'engorgement des sols par remontée de la nappe suite à l'irrigation, et d'autre part à la salinisation des sols par les eaux d'irrigation et/ou de remontée de la nappe phréatique.

Ainsi, les objectifs de drainage au Maroc ne sont pas les mêmes d'un périmètre irrigué à l'autre et peuvent être résumés comme suit:

- élimination des excès d'eau hivernaux dans les périmètres irrigués à climat relativement humides (Gharb et Loukkos);
- contrôle de la remontée de la nappe et de la salinisation des sols par remontée capillaire, principalement dans les périmètres irrigués du Tadla et la Moulouya;
- lutte contre la salinisation secondaire des sols par l'irrigation avec de l'eau de mauvaise qualité chimique. C'est le cas principalement des périmètres irrigués arides et semi-arides (Tafilalet, Ouarzazate, Souss Massa, Tadla, Moulouya).

À ce titre, il est à noter qu'une grande partie des périmètres irrigués marocains ont connu, après équipement et mise en eau, des problèmes de remontée de la nappe phréatique dus principalement aux pertes d'eau engendrées par la faible efficacité des systèmes d'irrigation. Ces remontées entraînent des

problèmes d'engorgement des sols et leur salinisation par remontée capillaire. Dans certains périmètres, tels que le Gharb et le Loukkos, l'engorgement des sols est lié à l'excès d'eau de pluie qui survient pendant l'hiver.

Les besoins en drainage au Maroc ont été estimés à plus de 100 000 ha qui restent à équiper dans les périmètres du Gharb et du Loukkos pour pallier les engorgements des sols en hiver.

Ces besoins s'expriment aussi dans les périmètres où la salinité risque d'affecter à long terme la productivité des sols. Il s'agit principalement des périmètres où les pompages sont utilisés d'une façon intensive dans l'irrigation (Tadla, Moulouya, Ouarzazate et Tafilalet). Des réflexions et des recherches doivent être menées pour orienter les stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et souterraines pour l'irrigation dans le but de préserver la qualité des eaux et des sols.

À cet égard, il est particulièrement important de garder à l'esprit que le drainage ne peut être considéré uniquement comme un problème, car c'est aussi une bonne pratique et une opportunité à relever pour une potentielle réutilisation saine, et ce, dans un contexte particulièrement marqué par la rareté des ressources hydriques.

5.1. Territoires concernés par le drainage

En matière de problème de drainage, le Maroc compte une superficie menacée de 350 000 ha sur un potentiel irrigable de 1 600 000 ha. Les deux périmètres du Gharb et du Loukkos sont possiblement les plus concernés par ce problème, avec des différences notables en termes d'effets y afférents, et ce, selon les circonstances édaphoclimatiques locales.

Actuellement, environ 90 000 ha sont équipés en drainage par tuyaux enterrés, respectant les normes de mise en place des systèmes de drainage, dont environ 80 000 ha uniquement dans la plaine du Gharb. Le reste est localisé dans le périmètre du Loukkos, soit environ 11 000 ha.

5.2. État des lieux de la zone du Gharb

La plaine du Gharb, qui est l'une des plus importantes du Maroc, est entravée par des problèmes de drainage liés:

- i. à des engorgements des sols dus aux excès d'eau de pluie hivernale;
- ii. à la faible perméabilité des sols et à l'absence de drainage naturel dû à son relief plat. De même, la nappe phréatique présente une salinité de 10 à 12 g/l et fluctue entre la surface du sol et 3 mètres de profondeur.

Dans ce qui suit, et étant donné que la région du Gharb constitue un exemple illustratif de l'expérience marocaine en matière de drainage, nous avons jugé utile de mettre l'accent davantage sur l'expérience du périmètre du Gharb en ce domaine. En effet, de nos jours, une superficie d'environ 80 000 ha est drainée en profondeur dans la plaine du Gharb, sur une superficie totale potentielle de 200 000 ha.

L'infrastructure d'assainissement et de drainage mise en place se présente comme suit:

- 13 100 kilomètres de drains;
- 2 300 kilomètres de collecteurs;
- 3 000 kilomètres de canaux d'assainissement.

La plaine du Gharb est située au nord-ouest du Maroc entre les provinces de Kénitra et Sidi Kacem à une altitude comprise entre 4 et 25 m.

Elle relève de la zone d'action de l'Office régional de mise en valeur agricole du Gharb (ORMVAG) et couvre une superficie géographique de l'ordre de 616 000 ha, dont 338 000 ha de superficie agricole utile. Elle est composée d'une zone côtière, de bordures continentales et de la plaine alluviale centrale du Sebou. Cette plaine est parcourue de l'est à l'ouest par le cours inférieur de l'oued Sebou.

Ses limites géographiques sont les suivantes:

- à l'ouest par un cordon de dunes qui l'isole de l'océan Atlantique;

- à l'est par des rides prérfaines du Jbel Outita et Jbel Boudraâ;
- au nord par des collines marneuses;
- au sud par le plateau sableux de la Maâmora.

Sur le plan administratif, le périmètre du Gharb chevauche les provinces de Kenitra, Sidi Slimane et Sidi Kacem. Les principales agglomérations situées à l'intérieur de la zone sont: Sidi Kacem, Sidi Slimane, Souk El Arbaa, Bel Ksiri, Dar El Gueddari, Sidi Allal Tazi, Msaada et Mograne.

La plaine du Gharb se caractérise par un climat de type méditerranéen doux et humide en hiver et chaud et sec en été, avec une influence océanique favorable à la production d'une large gamme de cultures. D'après la classification bioclimatique d'Emberger, la plaine du Gharb appartient à l'étage subhumide à hiver tempéré sur la frange côtière et à l'étage semi-aride à l'intérieure de la plaine et à l'est.

La pluviométrie moyenne annuelle se situe, en général, autour de 500 mm. Elle est relativement élevée par rapport au reste des plaines agricoles marocaines. Les précipitations sont concentrées à 90 pour cent sur la période allant de mi-octobre à mi-avril, et le maximum de précipitations est enregistré au mois de décembre. La période sèche se situe généralement entre juin et septembre.

La pluviométrie au niveau de la plaine du Gharb est variable d'une zone à l'autre. Le gradient de la pluviométrie décroît de la côte ouest vers l'intérieur de la plaine et trois sous-régions climatiques se distinguent:

- zones côtières (ouest): hiver doux et été pas trop chaud, la pluviométrie la plus élevée du périmètre (peut dépasser 600 mm par an);
- zones centrales: températures assez proches de la zone côtière mais pluviométrie plus faible (environ 500 mm par an);
- zones intérieures (est): hiver froid et été très chaud, pluviométrie beaucoup plus faible (moins de 400 mm par an).

Malgré leur abondance, les précipitations dans cette région sont d'une utilité relative car, d'une part, leurs variabilités inter et intra-annuelles sont très importantes et, d'autre part, le volume des précipitations entre novembre et janvier est supérieur à l'évaporation, ce qui génère un excédent d'eau qui devra être évacué par drainage naturel ou artificiel.

La température moyenne annuelle oscille autour de 18 °C. Les valeurs enregistrées dans les différentes stations varient entre 11 °C en hiver et 27 °C en été.

La moyenne des températures maximale pendant le mois le plus chaud est de l'ordre de 35 °C mais il est relativement fréquent que la température atteigne 45 voire 50 °C, surtout pendant les journées de chergui. La moyenne des minima du mois le plus froid est de l'ordre de 5 °C.

Ces températures sont souvent influencées par les vents océaniques en hiver et les vents continentaux en été.

Le phénomène de gelée est enregistré exclusivement pendant les mois de décembre ou de janvier. Il est presque négligeable sur la zone côtière où il dépasse rarement un jour par an alors qu'il est plus fréquent à l'est de la plaine (Sidi Slimane) avec des conséquences potentiellement néfastes sur les cultures.

L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère. L'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) dans la plaine du Gharb est de l'ordre de 1 406 mm; elle est maximale en juillet (232 mm à la station de Sidi Slimane) et minimale en janvier (45 mm à la station de Houafate).

À l'échelle annuelle, l'excès d'eau est compensé par l'évapotranspiration, en revanche à l'échelle mensuelle:

- De novembre à février, l'évapotranspiration est compensée par les pluies (la pluviométrie est nettement supérieure à l'évapotranspiration). Au cours de cette période, l'excédent doit être évacué par drainage naturel ou artificiel.
- De mars à mai, la pluie ne compense qu'une partie de l'évapotranspiration.
- De mai à septembre, le déficit hydrique est important (58 pour cent du total) et relativement stable

d'une année à l'autre. Durant cette période, l'irrigation devient nécessaire pour les cultures d'été ainsi que les irrigations d'appoint pour les cultures de printemps.

Sur le plan géologique, le Gharb se présente sous la forme d'une vaste cuvette dont les quatre cinquièmes sont à une altitude inférieure à 20 m, alors que les bordures présentent des reliefs doux. Le relief de la région du Gharb se caractérise par une diversité remarquable. En effet, la région dispose d'une immense et riche plaine centrale limitée par:

- Les collines du Pré-Rif au nord et à l'est (Haut Gharb). Il s'agit d'une vaste région dont la partie nord est montagneuse avec des collines aux pentes élevées. L'altitude se situe entre 30 et 200 m.
- Les plateaux sableux de la Maâmora et des Zaer au sud. C'est une zone élevée de 30 à 100 m par rapport à la plaine.
- Le Sahel, avec ses dunes littorales consolidées à l'ouest, qui limite l'accès à l'océan Atlantique de l'oued Sebou. Ce dernier a été obligé de s'orienter vers le sud-ouest.

La plaine du Gharb est une des régions les plus étudiées du point de vue pédologique au Maroc. Elle est composée d'une gamme variée de sols. Les principaux types de sols rencontrés sont:

- Sols peu évolués d'apport alluvial (Dehs) formés sur des alluvions de texture généralement équilibrée le long des levées alluviales (Dehs légers) ou fine en s'éloignant des oueds (Dehs lourds). Ces sols sont le plus souvent bien drainés et bien structurés. Ce type de sol représente environ 29 pour cent de la superficie totale du Gharb.
- Les vertisols (Tirs) occupent le centre de la plaine. Ces sols lourds plus évolués représentent une texture très argileuse à dominance smectique (argiles gonflantes) et une structure très grossière et compacte. Ils ont une bonne fertilité chimique mais des propriétés physiques défavorables aussi bien à l'état sec (très durs) qu'à l'état humide (plastiques, collants et à faible drainage). La perméabilité demeure très faible ce qui rend le drainage difficile en cas de remontée de la nappe phréatique suite à l'irrigation, ou en cas de salinisation venue des eaux pompées au Sebou. Les Tirs couvrent environ 38 pour cent de la superficie totale du périmètre.
- Vertisols hydromorphes (Merjas) à textures variables. Ils occupent environ 8 pour cent de la superficie du Gharb.
- Sols fersiallitiques (R'mel) ayant un horizon sableux en surface et un horizon argileux en profondeur. D'autres sols R'mel plus jeunes sont développés sur les dunes du Sahel. Ceux-ci présentent une texture très sableuse sur tout le profil. Ce sont des sols très filtrants et à faible capacité de rétention d'eau et des éléments minéraux. Ils couvrent 7 pour cent du périmètre.
- Les autres sols (18 pour cent), principalement des Hamris et Zrar, sont des sols argileux plus ou moins vertiques des bordures de la plaine et des sols rouges ou bruns méditerranéens sur grès dunaires anciens et ne posent pas de problèmes particuliers pour une mise en valeur intensive.

Les ressources hydriques de la région sont très importantes et diversifiées. On trouve d'une part les eaux souterraines qui sont constituées de deux nappes superposées (la nappe phréatique et la nappe profonde) et, d'autre part, les ressources superficielles provenant du Sebou et de ses affluents (Ouergha, Beht et Rdom) et qui drainent un bassin versant global (bassin du Sebou) large de 40 000 km².

L'apport annuel en eau superficielle est estimé entre 4,8 et 5,6 milliards de m³ selon les conditions annuelles de ruissellement des eaux pluviales.

À l'intérieur de la plaine du Gharb, on ne distingue pas de réseau hydrographique naturel individualisé. L'oued Sebou et ses affluents ne font que traverser la plaine dans des lits exhaussés, au sein des levées alluviales, ne leur permettant pas de jouer le rôle de collecteurs des eaux de surface. D'importants travaux ont été réalisés pour assurer l'assainissement de la plaine et l'assèchement des merjas (lagunes). On distingue deux principaux exutoires du réseau d'assainissement existant:

- L'oued Sebou en aval du barrage de garde Lalla Aicha qui reçoit les collecteurs de la zone de sa rive gauche dont principalement les canalisations du Beht et du R'dom.
- La Merja Zerga au nord qui reçoit le canal Nador, qui draine presque la quasi-totalité de la rive droite du Sebou.

Dans la zone côtière sableuse, les excès d'eau aboutissent à la formation de merjas temporaires ou permanentes dans les dépressions inter-dunaires profondes par l'action combinée de la stagnation des eaux pluviales et de la remontée de la nappe. Ces merjas occupent une superficie de l'ordre de 5 000 ha.

Le principal cours d'eau est le Sebou (438 km de long) avec pour principaux affluents, le Beht et l'Ouergha. Leurs apports annuels sont de l'ordre de 6 milliards de m³, soit 27 pour cent du potentiel en eau du Maroc. Le Gharb constitue donc le bassin hydrographique le plus important du Maroc.

Le bassin de Sebou peut être divisé en quatre ensembles ayant chacun un caractère propre. Le Sebou qui prend ses sources dans le Moyen Atlas, dont la partie amont a un régime régulier alors que, dans sa partie aval (vers la plaine du Gharb), l'influence de ses affluents moins réguliers se fait sentir par un débit irrégulier et des crues de durée plus longue.

Le Beht sur la rive gauche est le deuxième oued important de la région. Il draine un bassin d'environ 4 500 km² et assure l'irrigation du périmètre de Sidi Slimane, d'une superficie d'environ 30 000 ha. L'oued Rdom, affluent de l'oued Beht, lui-même affluent du Sebou, draine un bassin versant d'une superficie de 1 796 km².

L'Ouergha, au régime torrentiel, se caractérise par des crues violentes et des étiages faibles. Les deux derniers oueds rejoignent le Sebou dans la plaine du Gharb pour aboutir à ce qu'on appelle le Bas Sebou qui présente de nombreux méandres traduisant la difficulté à rejoindre l'océan Atlantique, ce qui entraîne un débordement de ces cours d'eau en période de crue, et des inondations dans de nombreuses zones de dépression comme les merjas.

Les ressources en eau souterraine de la région du Gharb constituent une part importante du patrimoine hydraulique du bassin du Sebou, mais elles présentent un faible potentiel mobilisable pour l'irrigation (la plaine du Gharb dispose d'une réserve estimée à 900 millions de m³). D'une manière générale, on distingue deux nappes superposées dans la plaine du Gharb: une nappe phréatique, à faible potentialité et de mauvaise qualité, et une nappe profonde en charge, assez productive et de bonne qualité. Au niveau de la zone côtière où les formations sableuses affleurent en surface, ces deux nappes se confondent.

Dans les formations argileuses superficielles de la plaine du Gharb se maintient une nappe libre superficielle qui se caractérise par des fluctuations importantes. Cette nappe se rencontre presque toujours dans les premiers mètres et peut même atteindre la surface des sols lors des hivers pluvieux, ce qui soulève le problème de la salinisation.

La nappe coule de la périphérie vers le centre de la plaine, stagne dans les positions les plus basses, et s'évapore en entraînant une accumulation de sels dans les sols.

L'alimentation de la nappe phréatique est assurée par l'infiltration des eaux de pluies et des inondations, par la recharge par les pertes des irrigations dans les zones déjà irriguées (première tranche d'irrigation [PTI] et seconde tranche d'irrigation [STI]) et les zones non aménagées à ce jour par l'État (troisième tranche d'irrigation [TTI]), et aussi par drainage à partir de la nappe profonde. Les apports latéraux par les zones bordières, ainsi que les infiltrations à partir des berges des oueds, sont négligeables et n'ont que des incidences localisées en raison des faibles perméabilités. L'exutoire de la nappe est constitué par l'évaporation et le réseau de drainage.

La nappe profonde qui circule dans des niveaux perméables du Plio-Villafranchien et du Quaternaire ancien et moyen est constituée de plusieurs niveaux perméables. Le substratum imperméable est situé à une profondeur de 50 à 100 m sur les bordures, et de 200 à 250 m au centre de la plaine. Le niveau piézométrique s'établit généralement à moins de 10 m sous la surface du sol au centre de la plaine et à 25 à 30 m sur les bordures. L'alimentation de la nappe est assurée par les infiltrations des eaux de pluies sur les bordures de la plaine. Elle possède un exutoire en mer, au nord-ouest de la forêt de la Mamoura, mais aussi par drainance verticale vers la nappe phréatique qui se décharge elle-même par évaporation.

Cette nappe est exploitée actuellement par un complexe de captage à l'extrémité nord-ouest de la Mamora pour satisfaire partiellement la demande en eau des villes situées entre Kenitra et Casablanca et par des pompages privés à partir des forages pour l'irrigation.

Au niveau du périmètre du Gharb, la répartition de la production végétale est en majorité composée par des céréales d'automne, du fourrage et l'arboriculture fruitière.

5.3. Analyse diagnostic de la problématique du drainage dans le Gharb

La plaine du Gharb est sujette à deux sortes d'excès d'eau:

- les inondations suite aux fortes pluies en hiver;
- la remontée de la nappe phréatique due aux percolations profondes des eaux (d'irrigation pendant l'été et de la pluie).

En effet, la plaine du Gharb, par sa position géographique en forme de cuvette, sa pluviométrie et les dimensions des bassins versants qui s'y déversent, est exposée aux inondations. Chaque année (de novembre à mars), les agriculteurs vivent dans la crainte de voir le Sebou ou le Beht déborder de leur lit.

Par ailleurs, il est à noter que la nappe phréatique est présente sur la plus grande partie de la plaine. Elle se rencontre presque toujours dans les trois premiers mètres avec, cependant, des fluctuations saisonnières importantes allant souvent de 1 à 2 m.

Outre la pluviométrie, l'eau d'irrigation semble participer de façon significative à la remontée de la nappe. Ainsi, l'eau infiltrée au niveau des parties hautes du Gharb s'évacuera en profondeur grâce au drainage naturel. Dans les parties basses, seul un drainage artificiel peut évacuer les eaux excédentaires salées et maintenir la salinité de la nappe au niveau de tolérance des cultures.

De ce fait, le drainage est le facteur limitant absolu du développement de l'irrigation dans le Gharb. Le drainage de la plaine du Gharb vise trois objectifs:

- Éviter la remontée de la nappe phréatique déjà peu profonde.
- Éviter la salinisation du sol par la remontée capillaire du sel de la nappe phréatique ou par dépôt du sel des eaux d'irrigation.
- Permettre le lessivage des sols déjà salés, préalablement à leur mise en valeur.

La technique de drainage par fossés à ciel ouvert a été adoptée dans la plaine du Gharb depuis très longtemps pour faire face à l'évacuation des eaux d'inondation. Ces fossés sont efficaces pour une élimination rapide de grandes quantités d'eau.

Cette méthode présente l'avantage d'être moins coûteuse mais a également des inconvénients: drainage à faible profondeur, difficulté d'accès aux parcelles, entretien assez coûteux et le fait que les fossés occupent beaucoup de terres qui pourraient être utilisées pour autre chose.

Le réseau de drainage réalisé dans le périmètre du Gharb est du type composé. Ce réseau s'inscrit dans le cadre du canevas hydraulique d'aménagement. L'unité de base de ce canevas est le bloc (environ 30 ha). Chaque sous-système drainant est constitué par un collecteur (en béton vibré) et une série de drains (tuyaux en PVC perforés) connectés à ce dernier par des regards de jonction (préfabriqués). Chacun de ces sous-systèmes drainants est implanté dans le canevas hydraulique de façon à limiter sa surface d'action à 60 ha (deux blocs) et des longueurs de drains aspirateurs de 200 m environ.

Le réseau de drainage est conditionné par la topographie et les exutoires naturels quand la pente des drains est uniforme et supérieure à 0,05 pour cent. Les collecteurs sont placés en principe dans le sens de la plus grande pente et la pente de ces collecteurs est supérieure ou égale à 0,3 pour cent.

Les matériaux utilisés au Gharb sont des drains aspirateurs qui sont des tubes en PVC annelé d'un diamètre interne de 58 mm, ou bien des tubes PVC lisses semi-rigides avec un diamètre interne de 77 mm. Les collecteurs de drainage, au diamètre de 100 à 500 mm, sont constitués de buses en béton vibré et ont une longueur totale de 1 500 à 1 800 m.

La jonction entre drains aspirateurs et collecteurs se fait par le biais d'un regard préfabriqué (en béton, ou en amiante de ciment) appelé boîte de jonction. Ce regard est surmonté également d'une dalle de repérage (en béton armé de 0,50 x 0,50 m et de 5 cm d'épaisseur) situé à 50 cm de la surface du sol. Cet ouvrage sert également pour l'entretien et le nettoyage du réseau. Cependant, lorsque la longueur des drains dépasse 125 m, un ouvrage d'entretien de type pied de biche est déposé sur le drain, à 80 m du collecteur, afin de faciliter un nettoyage éventuel.

L'assainissement agricole dans le Gharb englobe le drainage souterrain par la construction d'un réseau enterré et les drains à ciel ouvert. Le réseau de drainage souterrain dans le Gharb est construit à l'échelle de la parcelle ou d'un groupe de parcelles. Il est constitué des collecteurs de drainage en béton vibré recueillant les eaux drainées par les drains aspirateurs (tuyaux perforés).

En amont du réseau d'assainissement à ciel ouvert, les colatures quaternaires bordent les soles. Elles captent les eaux de ruissellement à la parcelle (excédent d'irrigation et pluies). Les fossés tertiaires collectent les eaux provenant des fossés quaternaires. Les fossés secondaires d'assainissement sont l'exutoire des tertiaires d'assainissement et des collecteurs de drainage.

Dans le réseau d'assainissement, les ouvrages connaissent de grands problèmes d'envasement. Les drains secondaires se comblent rapidement par les dépôts. Ces dépôts sont provoqués par l'érosion des berges et des sols. Les drains tertiaires sont aussi en médiocre état.

De plus, un certain nombre de colatures sont labourées pour gagner de la surface cultivable. Les agriculteurs ne se rendent même pas compte de leur importance dans l'évacuation des eaux de décharge des irrigations et de ruissellement des pluies.

En ce qui concerne le réseau enterré, les problèmes d'entretien et de maintenance se posent avec acuité. Ce réseau de drainage existe depuis les années 1970, mais n'est pas entretenu à cause du dysfonctionnement des plaques en béton armé enterrées pour servir au repérage et du coût élevé engendré par cette opération, ce qui rend l'entretien du réseau enterré très difficile.

Par ailleurs, il est à signaler que l'irrigation des premiers secteurs du Gharb remonte aux années 1930, et malgré le contexte difficile de la plaine du Gharb, le suivi continu de la qualité des eaux et des sols par le laboratoire de l'ORMVAG n'a relevé aucune poche de salinisation des sols. Cette performance est due principalement au réseau de drainage et d'assainissement conjugué aux systèmes d'irrigation gravitaire et par aspersion qui entraînent le lessivage des sels durant les périodes d'irrigation compte tenu des doses d'irrigation apportées par les agriculteurs.

Après ces longues années de mise en valeur agricole intensive, on peut dire que le réseau de drainage a permis de sauvegarder la qualité des sols qui constituent l'outil de production des agriculteurs.

Actuellement, la reconversion à grande échelle des systèmes d'irrigation classiques en irrigation localisée, avec des apports fréquents et de faibles doses, interpelle quant au fonctionnement de ce réseau de drainage. Ceci nécessiterait une évaluation des performances de ce réseau et une réflexion pour étudier les éventuelles adaptations à mettre en place.

5.4. État des lieux dans la zone du Loukkos

Limité à l'ouest par l'océan Atlantique et débordant du quadrilatère formé par les villes de Larache et Ksar El Kébir et les centres autonomes de Moulay Bousselham et Lalla Mimouna, le périmètre du Loukkos couvre une superficie de l'ordre de 2 560 km². Situé au nord-ouest du Maroc entre les régions du Tangérois et du Gharb et se trouvant au milieu de l'axe Rabat-Tanger, cette zone présente les caractéristiques des bassins d'oueds côtiers: un relief de collines marneuses entourant une plaine basse initialement marécageuse en quelques endroits.

Le périmètre du Loukkos a un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison humide et fraîche de novembre à avril et d'une saison sèche et chaude s'étalant de mai à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 700 mm, concentrée pour sa quasi-totalité sur six mois, d'octobre à début avril.

Avec un climat du type méditerranéen et des ressources en eau relativement abondantes, il dispose d'atouts importants dont essentiellement: la diversité des sols, l'existence d'un réseau important de routes et pistes y compris une partie de l'autoroute Casablanca-Tanger, la proximité de l'Europe et des grands centres de consommation et enfin l'importante infrastructure portuaire à Tanger

Les particularités et atouts du Loukkos ont permis un développement du secteur agricole dans la région, qui s'est accéléré ces dernières années notamment avec de nombreux investissements directs étrangers (IDE).

La production agricole est très diversifiée aussi bien en irrigué qu'en agriculture pluviale (le tournesol, l'arachide, la betterave sucrière, la canne à sucre, plusieurs espèces de légumineuses alimentaires, des fourrages surtout pour le bétail laitier, les agrumes, l'avocatier, l'olivier et toute une gamme de cultures maraîchères, essentiellement la tomate de conserve, le piment, la pomme de terre, la fraise, les petits fruits rouges, l'asperge, la ciboulette, l'artichaut, le melon et la pastèque).

Pour tirer profit des avantages réels offerts par le périmètre, l'ORMVAG accorde une importance particulière au développement des cultures destinées à l'export en encourageant les investisseurs étrangers et nationaux dans un cadre de partenariat avec les producteurs de la région. À titre d'exemple, la culture de la fraise est passée de 60 hectares cultivés entièrement en plein champ au début des années 1980 à plus de 2 000 hectares actuellement sous tunnels avec irrigation localisée.

5.5. Analyse diagnostic des pratiques de drainage dans la zone du Loukkos

En tenant compte des conditions édaphoclimatiques caractérisant certaines zones du périmètre du Loukkos et en vue de lutter contre les problèmes d'engorgement des sols (environ 20 000 ha dans le Loukkos souffrent de problèmes d'engorgement des sols dus aux fortes pluies d'hiver), la mise en place d'un système de drainage s'est avérée nécessaire pour la mise en valeur agricole. Ainsi, une superficie de 10 000 ha a été équipée par la mise en place de systèmes de drainage.

Cependant, il a été remarqué un certain manque de connaissances de la part des agriculteurs quant au rôle et au fonctionnement du réseau de drainage installé.

5.6. Conclusion

Au Maroc, les eaux de drainage sont liées aux problèmes de salinité des eaux et des sols dont souffre principalement la région du Gharb. Cette problématique se pose différemment selon le contexte climatique, géologique et pédologique de chaque région. Le problème peut résider principalement dans l'engorgement des sols par l'excès d'eau pluviale ou d'irrigation. Dans d'autres cas, les problèmes dominants sont ceux liés d'une part à l'engorgement des sols par remontée de la nappe suite à l'irrigation, et d'autre part à la salinisation des sols par les eaux d'irrigation et/ou de remontée de la nappe phréatique.

L'analyse diagnostic de la problématique du drainage dans le Gharb a montré que la plaine du Gharb est exposée aux inondations chaque année et que la nappe phréatique est présente sur la plus grande partie de la plaine. Par ailleurs, l'eau d'irrigation semble participer de façon significative à la remontée de cette nappe. C'est pourquoi le drainage est le facteur limitant principal du développement de l'irrigation dans le Gharb en évitant la remontée de la nappe et de la salinité et en permettant le lessivage des sols.

Après de longues années de mise en valeur agricole intensive, le réseau de drainage a permis de sauvegarder la qualité des sols qui constituent l'outil de production des agriculteurs dans le Gharb.

Bien que le besoin en drainage reste très important et nécessaire dans plusieurs régions du pays, le défi à relever reste lié à l'option de la possible réutilisation saine de ces eaux pour l'agriculture dans un contexte toujours plus marqué de rareté de l'eau.

6. CAS DE LA MAURITANIE

En Mauritanie, les six types de systèmes de production suivants restent toujours dominants pour le développement rural et agricole pour assurer la sécurité alimentaire dans le pays:

- L'agriculture pluviale ou «diéri» varie annuellement entre 220 000 ha (année humide) et 50 000 ha (année sèche). Les cultures concernées sont le sorgho, le petit mil, le maïs, ainsi que la pastèque et le niébé.
- L'agriculture de décrue ou «walo» est praticable dans les zones inondables de la vallée du fleuve Sénégal, c'est-à-dire en amont des petits barrages, sur les bas-fonds et les mini bassins aménageables par diguettes. C'est surtout le sorgho qui profite de ce système, parfois aussi le maïs, et le niébé en association.
- L'agriculture irriguée oasisienne dans les régions de l'Adrar, du Tagant, de l'Assaba et des Hodhs. On y trouve des systèmes complexes d'exploitation associant à la culture du palmier dattier d'autres productions végétales, telles que le maraîchage, le blé ou l'orge.
- L'agriculture irriguée grâce à l'eau du fleuve Sénégal ou de ses affluents.

- Le système agrosylvopastoral, là où subsistent des ressources ligneuses, devenant purement pastoral transhumant dans les régions les plus sèches de la zone pluviale.
- L'agriculture périurbaine.

Tous ces systèmes de production qui existent en Mauritanie sont plus ou moins dépendants des systèmes de drainage. En effet, dans ce qui suit, l'analyse diagnostic de l'état de l'art du drainage se focalisera sur les sept grands périmètres suivants:

- le canal d'Aftout;
- le périmètre M'Pourié à Rosso;
- les deux casiers pilotes de Boghé (CPB et extension CPB);
- les deux périmètres pilotes du Gorgol PPG 1 et 2 et le périmètre de Fom-Gleita;
- le périmètre de Fom Gleita.

6.1. Périmètre du canal d'Aftout Sahéli

Le projet Aftout Essahli consiste en une canalisation d'une longueur de 55 km et d'une largeur de 46 m, réalisée pour irriguer plus de 17 000 ha dans la moughataa (département) de Keur-Macène. Le périmètre d'irrigation est équipé d'un réseau de drainage conçu pour évacuer le surplus d'eau (eau d'irrigation et/ou eau de pluie) en dehors du périmètre.

Le diagnostic réalisé sur le réseau de drainage dans le périmètre montre que les collecteurs de drainage drainent l'eau vers deux zones basses à l'ouest du canal, et on constate clairement que la zone se caractérise par une salinité élevée en raison de sa proximité avec l'océan. Ces eaux de drainage ont provoqué plusieurs problèmes liés à l'écoulement de l'eau vers les parcelles pendant la saison des pluies.

Le premier constat est que cette eau n'est pas utilisable pour l'agriculture en raison de la pollution. En général, le sol est très salin, la nappe phréatique est également très peu profonde et le niveau de salinité est très élevé. En conséquence, l'eau de drainage possède une salinité très élevée qui ne permet pas sa réutilisation pour l'agriculture.

6.2. Ferme de M'Pourié

La ferme de M'Pourié est le premier périmètre irrigué en Mauritanie à avoir été réhabilité en 1992 sur une superficie de 1 450 ha et, actuellement, une superficie supplémentaire de 1 000 ha est en cours de réhabilitation. L'aménagement agricole permet de réutiliser les eaux des drainages et, si le niveau du fleuve est bas, l'eau est évacuée directement dedans. En revanche, si le niveau du fleuve est élevé, le drainage est pompé par la station de pompage où l'eau est recyclée et réutilisée pour l'irrigation.

6.3. Casier pilote de Boghé

Le casier pilote de Boghé (CPB) se situe à proximité de la ville de Boghé. Il fait partie de la plaine de Boghé d'une superficie de 4 000 ha. Cette plaine est limitée au sud et à l'ouest par le fleuve Sénégal, à l'est par Boghé et au nord par une zone pastorale. Le CPB se situe dans la partie sud-ouest de la plaine.

L'aménagement du CPB date de 1983 et représente une superficie nette de 790 ha dont 545 ha de riziculture et 245 ha de polyculture.

6.4. Extension du casier pilote de Boghé

Le périmètre de Boghé couvre une superficie d'environ 3 000 ha, il a été aménagé en 2014 et mis en valeur en 2019. Il est limité au nord par le village de Saradoguou, au sud par la digue de protection et le fleuve Sénégal, à l'est par le CPB de Boghé, et à l'ouest par les villages de Goral et Bakaw.

Le périmètre se situe dans l'enceinte de la digue de protection du CPB qui est encore en état de fonctionnement. Le périmètre sera alimenté essentiellement par le fleuve Sénégal.

L'aménagement agricole permet à ces deux fermes de réutiliser les eaux de drainage. Il est à noter que l'eau de drainage agricole est l'une des principales causes de problèmes, en particulier pendant la saison

hivernale, lorsque les canaux de drainage agricole se remplissent d'eau et que le niveau du fleuve ne permet pas d'évacuer l'eau de drainage, ce qui provoque des inondations sur une grande surface.

6.5. Petit périmètre pilote du Gorgol 1 (PPG 1)

Le petit périmètre pilote du Gorgol (PPG 1) situé au nord de la ville de Kaedi a une superficie de 700 ha.

Le périmètre, dont les travaux de réalisation ont commencé en 1975, a été exploité pour la première fois au cours de la campagne agricole 1977-1978. Le PPG 1 constitue une source de revenus pour 22 coopératives dirigées par une union.

6.6. Périmètre pilote du Gorgol 2 (PPG2).

Le PPG 2 est une extension du PPG /1 qui a été exploité pendant une trentaine d'année. Son extension relève d'une demande exprimée par les paysans dans une optique d'accès aux terres pour la production de riz. Le périmètre pilote de Gorgol a été aménagé en 1994. Il est exploité par 30 coopératives depuis 1997 sur une superficie de 1 188 ha.

6.7. Périmètre de Foug Gleita

Le plan de développement de l'agriculture irriguée de Foug Gleita a été établi dans la deuxième moitié des années 1970 dans le cadre du programme de lutte contre la pauvreté. La mise en valeur des terres agricoles était destinée à sédentariser les nomades de cette zone (y compris une partie des personnes vivant dans les zones recouvertes). En 1984, en même temps que s'achevait le barrage de Foug Gleita était entamée la première phase de mise en valeur de l'agriculture irriguée.

L'eau destinée à l'irrigation des périmètres est prise dans la galerie de la rive gauche du barrage, et le débit est régulé par une vanne radiale (appareil hydraulique en panne). Après la vanne, l'irrigation est gravitaire et les canaux enterrés. À partir de la vanne, l'eau est envoyée par le canal principal OA jusqu'au partiteur rond qui se trouve à la jonction de la rive droite et de la rive gauche à 3,5 km en amont. À ce point, OA se divise en un canal principal AD (périmètre de la rive droite) et en un canal principal AG (périmètre de la rive gauche).

Les canaux secondaires sont également enterrés. Leur prise se fait directement sur le canal P1 à droite et sur le canal P2 à gauche. Ils fournissent l'eau d'irrigation des parcelles. Ils sont au nombre de 10 à partir de P1 et de 12 à partir de P2 et plus de 10 petits drains partent des canaux secondaires.

Le canal principal et les canaux primaires sont munis de siphons ou d'aqueducs, en béton armé, pour traverser les affluents du Gorgol en dehors du périmètre.

Les chemins ont été tracés avec les déblais des canaux de drainage, le long de presque tous les drains et canaux secondaires sur une largeur de 3 m. Actuellement, ils sont en partie recouverts d'arbustes et en partie utilisables. Il y a ainsi 80 km de chemins, empruntés par les ânes qui transportent les engrais ou les produits de la récolte.

Les canaux servent d'abreuvoir au bétail, ils sont abîmés sur la pente intérieure, la terre du talus s'amoncelle au fond des canaux et gêne le passage de l'eau qui est encore réduit par la profusion des typhas et les terres en jachère sont envahies par des buissons. Les ouvrages en béton sont solides mais des travaux importants doivent être entrepris sur le haut du siphon du canal principal ou la vanne du partiteur en bas du barrage, des barrières doivent être posées pour empêcher le bétail de pénétrer, des abreuvoirs et des lavoirs doivent être construits. En plusieurs endroits, les canaux principaux nécessitent des réparations d'urgence, c'est pourquoi avec l'aide de la Société nationale pour le développement rural (SONADER) et la participation des agriculteurs, nous avons commandité des travaux de réparation sur ces points, de sorte qu'aujourd'hui les risques sont réduits.

La culture irriguée a été introduite dans la région dans les années 1970. Le périmètre pilote de Gorgol 1 (PPG 1) a été l'un des premiers projets d'agriculture irriguée en Mauritanie. Les autres projets importants ont tous démarré après 1980, après la construction du barrage de Foug Gleita. La plus grande partie

des terres irriguées se situent à Kaédi, avec les deux projets PPG 1 et PPG 2 et à Foug Gleita pour lequel un projet d'irrigation avec l'eau du barrage Foug Gleita avait été mis au point. Sur PPG 1 et PPG 2, on pratique la riziculture d'hivernage. Certains agriculteurs près de Gorgol cultivent des légumes sur de petits périmètres de 0,5 ha à 6 ha avec des pompes privées. Le riz est la principale culture des zones irriguées de la région de Gorgol, avec un rendement moyen de 4 t/ha obtenu à PPG 1 et à Lexeiba.

À Foug Gleita, le rendement moyen est inférieur (3,2 t/ha) car les pratiques culturales sont moins élaborées, les intrants moins utilisés et les programmes de culture mal adaptés. Les périmètres de Lexeiba et de Foug Gleita pratiquent tous deux la culture des légumes. Si on compare les rendements de Lexeiba et de Foug Gleita, on peut voir que les rendements sont meilleurs à Lexeiba car les coopératives sont mieux organisées et suivent strictement les pratiques agricoles recommandées, alors que les fermiers de Foug Gleita utilisent des méthodes moins performantes, notamment des intrants de moins bonne qualité. Dans les coopératives de Foug Gleita, les femmes montrent un grand intérêt pour la culture des légumes mais n'ont pas suffisamment d'aides financières pour acheter les intrants nécessaires. Dans PPG 1 et à Lexeiba, en dehors des céréales, de petites surfaces sont cultivées en légumes et en fruits.

À Foug Gleita, on pratique trois campagnes de culture (hivernage, saison froide sèche, contre saison chaude), chacune pour des produits différents. L'hivernage est principalement consacré à la culture du riz (de juin à novembre) ainsi que la saison chaude (contre saison chaude, de février à mai) en certains endroits du projet, lorsque l'eau d'irrigation est disponible. Le maïs et le sorgho sont cultivés en saison froide (contre saison froide, d'octobre à février/mars) et en hivernage avec ou sans irrigation. Les légumes (oignons, patate douce, chou, carotte, tomate, gombo) sont cultivés pendant la saison froide, les patates douces et les gombos l'étant également tout au long de l'année en culture irriguée.

6.8. Réglementation et eau de drainage

La législation foncière de 1983 prévoit, par le biais de différents textes (ordonnance n° 83.127 et décret n°84.009 portant organisation foncière, et décret n° 90.020 portant sur le code foncier), une procédure d'attribution des terres en trois étapes: a) l'autorisation d'exploiter qui, après cinq ans de mise en valeur continue d'une terre, mène à b) la concession provisoire de cette terre, laquelle, après cinq nouvelles années, confère c) la concession définitive qui est transformable en titre foncier après bornage. La mise en valeur doit être intégrale et permanente pour donner lieu, après ces 10 années, à un droit de propriété que l'on peut librement vendre, échanger ou donner. Le décret de 1990 a été remplacé en 2000 par le décret n° 2000.089 maintenant les principes de base, mais les procédures ont été simplifiées et rendues plus facilement applicables aux terres non rizicoles. Les modes traditionnels de tenure dominant encore largement dans le pays. Le mode de faire-valoir est fréquemment indirect et recouvre différentes formes telles que le droit d'usage définitif ou le métayage contre paiement en nature.

Les textes régissant plus spécifiquement le secteur de l'eau sont:

- Le Code de l'eau (ordonnance n° 85-144 du 4 juillet 1986) qui définit notamment la responsabilité de l'exploitant de zones irriguées en ce qui concerne l'utilisation raisonnée de l'eau.
- L'ordonnance n° 87-289 du 20 octobre 1986, qui établit les nouvelles compétences de la commune, englobant la gestion des infrastructures hydrauliques.
- Le décret n° 93-124 du 21 décembre 1993 qui définit les conditions de gestion et d'exploitation par concession des équipements d'approvisionnement en eau potable.
- La loi n° 98-016 du 9 juillet 1998 relative à la gestion participative des oasis.
- Le décret n° 047-2002/PM du 11 mars 2002 fixant les attributions du Ministère de l'hydraulique et de l'énergie et l'organisation de l'administration centrale de son département.
- Le décret n° 2002-19 du 31 mars 2002 portant reconnaissance d'utilité publique de l'Agence nationale de l'eau potable et de l'assainissement (ANEPA) et fixant son régime fiscal et douanier.
- Le décret n° 2002-20 du 31 mars 2002 instituant des redevances de prélèvement d'eau.

6.9. Conclusions

Il a été noté que les périmètres privés ont été aménagés sans réseaux de drainage. Dans les zones de ces grands périmètres (zone du fleuve Sénégal), il n'y a pas de pénurie d'eau pour l'agriculture irriguée, mais avec l'utilisation des systèmes de drainage, les capacités de production de certaines zones peuvent

être considérablement augmentées et certains problèmes liés aux inondations peuvent être résolus pendant la saison des pluies.

Le périmètre de Fom Gleita est un périmètre qui donne l'impression d'être abandonné puisque les activités agricoles sont peu visibles en dehors de quelques parcelles utilisées par la société du sucre. Le système de drainage est défectueux comme d'ailleurs les canaux d'irrigations, bouchés par le typha.

Il a été constaté que les périmètres à Trarza se caractérisent par une pollution des eaux de drainage.

En conclusion, les contraintes liées à l'eau de drainage sont importantes. En effet, durant chaque campagne, des millions de m³ d'eau sont perdus par le drainage. Par manque de solution, l'eau est pompée pour éviter l'inondation de parcelles de certaines coopératives pour être réutilisée dans le périmètre ou évacuée dans le Gorgol noir. Cette opération nécessite beaucoup d'énergie et de temps de pompage, ce qui rend parfois la facture exorbitante.

7. CAS DE LA TUNISIE

En Tunisie, la réutilisation des eaux de drainage n'est pas très répandue. Cette réutilisation est apparue dans le gouvernorat de Tozeur et plus particulièrement au niveau des oasis de Chamsa et Ibn Chabbat et des oasis de Hazoua 1 et 2.

7.1. Réutilisation des eaux de drainage dans les oasis de Chamsa

Cette utilisation intéresse des périmètres irrigués dans le domaine forestier traversé par l'émissaire principal des eaux de drainage des oasis de Chamsa et Ibn Chabbat. Les oasis qui alimentent en eau de drainage le périmètre forestier de Chamsa sont l'oasis de Chamsa qui s'étend sur 100 hectares et une partie de l'oasis Ibn Chabbat, qui couvre 836 hectares.

Les sources d'eau d'irrigation de ces oasis sont des forages pompés sur le complexe terminal.

- Le débit total pour l'oasis de Chamsa est de 85 l/s, soit 0,85 l/s/ha et le débit total pour les trois tranches de l'oasis d'Ibn Chabbat est de 579 l/s pour une surface totale de 836 ha, soit 0,69 l/s/ha.
- Le résidu sec est en moyenne 3 g/l pour les deux oasis.

Le réseau d'irrigation principal est constitué généralement par des conduites enterrées en amiante-ciment. Les équipements de certaines chambres des vannes des bornes d'irrigation sont corrodés et présentent des fuites d'eau relativement importantes.

Au niveau des parcelles, le réseau d'économie d'eau est généralement mixte et constitué de conduites enterrées en PVC avec des bornes en béton armé.

Ces réseaux ont été réhabilités dans le cadre du programme d'amélioration de l'irrigation dans les oasis du sud (APIOS) et présentent actuellement moins de perte d'eau. Mais quelques forages au niveau de l'oasis Ibn Chabbat ont vu leurs débits chuter et nécessitent un remplacement.

Le réseau d'assainissement-drainage a été installé dans l'oasis de Chamsa avec des éléments en poterie et des fossés collecteurs.

Le réseau d'assainissement-drainage dans l'oasis de la tranche 3 Ibn Chabbat a été installé en 1995 à l'intérieur de l'oasis. Il est constitué de fossés à ciel ouvert et de drains annelés perforés enterrés. Les fossés d'assainissement (huit collecteurs) jouent le rôle d'exutoire des drains enterrés et se jettent par la suite dans un collecteur principal au nord de l'oasis. Le collecteur principal poursuit son chemin et se jette plus loin dans le réseau de drainage de l'oasis Chamsa. Les eaux sont évacuées ensuite dans une dépression naturelle au nord de l'oasis Chamsa.

Notons que le réseau d'assainissement-drainage de l'oasis Ibn Chabbat 3e tranche a été curé et entretenu récemment dans le cadre du programme APIOS.

Les deux oasis ont connu des actions de réhabilitation au niveau des réseaux d'irrigation et de drainage et d'économie d'eau à la parcelle. Ces actions ont permis de minimiser les pertes d'eau et de faciliter les écoulements des eaux de drainage. Le résidu sec au niveau du collecteur principal est 6 g/l.

Dans la zone forestière, les débits moyens des eaux de drainage au niveau de la station de pompage pour l'irrigation du périmètre varient entre 30-35 l/s en hiver et 15-20 l/s en été. On constate que le débit en hiver est presque le double de celui de l'été. En considérant un débit effectif pour l'irrigation d'appoint des plantations forestières de 0,5 l/s/ha en été, le débit pompé peut irriguer au maximum 40 ha.

Les résidus secs varient de 6 à 8 g/l en hiver et de 10 à 12 g/l en été. Ces valeurs des résidus secs sont relativement élevées, surtout en été.

Le périmètre forestier de Chamsa est situé au nord de l'oasis de Chamsa, à 7,5 km de la ville de Tozeur. Il est irrigué par les eaux de drainage de l'oasis de Chamsa qui s'étend sur 100 hectares, et les eaux de drainage de l'oasis Ibn-Chabbat, qui couvre 836 hectares.

Les objectifs et les perspectives du projet sont:

- l'exploitation et la valorisation des eaux de drainage;
- l'amélioration des pâturages avec des plantations fourragères comme réserve fourragère pour l'élevage;
- la création d'un espace forestier pour le développement des animaux sauvages et des plantes naturelles;
- la protection de l'oasis de Chamsa contre les dommages causés par l'ensablement;
- la restauration de la végétation et le maintien de l'équilibre écologique;
- la sélection des plants destinés à être utilisés dans le projet;
- l'utilisation de la main-d'œuvre.

Les moyens utilisés pour l'exécution du projet sont:

- 980 000 palmes sèches pour la fixation biologique des dunes de sable; plantation de 60 000 plants forestiers (10 000 Tamarix Aphylla, 15 000 eucalyptus, 15 000 acacias et 20 000 prosopis);
- l'équipement hydraulique constitué par une électropompe installée sur le collecteur des eaux de drainage;
- la création et l'équipement des puits de surfaces pour l'irrigation;
- l'installation d'un réseau d'irrigation en conduite en PVC et un réseau de séguia en terre longeant les rangées d'arbres forestiers;
- la mise à disposition de tracteurs pour l'irrigation avec des citernes tractées et le transport des ouvriers;
- 55 ouvriers.

La surface actuellement aménagée et plantée est de l'ordre de 100 ha.

Le diagnostic sommaire de ce périmètre montre que:

- Les plantations sont bien développées et en bon état et ne nécessitent pas d'irrigations fréquentes.
- L'électropompe nécessite un entretien et une réhabilitation.
- Le réseau en conduite en PVC présente des failles et nécessite une réhabilitation.

En conclusion, dans l'ensemble, c'est un projet qui a réussi et qui encourage à reproduire des projets analogues dans des oasis qui présentent des conditions favorables, en particulier la présence de l'eau de drainage et des zones pédologiques et foncières favorables.

7.2. Réutilisation des eaux de drainage dans les oasis de Hazoua 1 et Hazoua 2

L'oasis de Hazoua 1 est alimentée à partir de deux forages (Hazoua 5 avec un débit de 50 l/s et Hazoua 1ter avec un débit de 40 l/s). Les deux forages refoulent dans deux conduites en AC de diamètre 300 mm pour alimenter un ouvrage de sectionnement. Cet ouvrage est un partiteur enterré équipé par des vannes de sectionnement permettant l'irrigation et l'alimentation du réseau de la Société nationale d'exploitation et de distribution des eaux (SONEDE) de la ville de Hazoua en période de pointe en été. L'oasis de Hazoua 2 est alimentée par le forage Hazoua 4bis avec un débit de 40 l/s.

Pour les deux oasis, le réseau de distribution principal est constitué par des conduites en amiante-ciment de différents diamètres (300 et 200 mm). Il est équipé par des bornes d'irrigation et des ouvrages partiteurs enterrés. Le réseau d'économie d'eau à l'intérieur des parcelles est constitué par des conduites

en PVC et des petites bornes en béton armé. Ce réseau est subventionné par l'Agence de promotion des investissements agricoles (APIA).

Le réseau principal a été réhabilité dans le cadre du programme APIOS, surtout le génie civil, l'équipement des bornes et des ouvrages partiteurs enterrés. Il est donc en bon état.

Les paramètres pratiqués dans l'oasis de Hazoua 1 sont:

- main d'eau de l'ordre de 25 l/s;
- durée d'irrigation de 5 h/ha, soit environ 7,5 h/lot de 1,4 ha tous les mois de l'année;
- tour d'eau de huit jours pour toutes les périodes.

En tenant compte du débit total disponible au niveau de l'oasis, 90 l/s, et de la surface de l'oasis, 78 ha, le débit requis est de 1,2 l/s/ha. Or, d'après les besoins bruts du mois de pointe (août) et en considérant le temps d'irrigation de 26 jours par mois et 20 heures par jour, le débit nécessaire à la source est de 2,13 l/s/ha.

Les volumes d'eau de drainage de Hazoua 1 sont estimés à 129 600 m³/an pour 78 ha et ceux de Hazoua 2 atteignent 151 200 m³/an pour 54 ha.

On constate que le volume drainé par ha/an représente 7,7 pour cent des besoins bruts pour Hazoua 1 et 13 pour cent pour Hazoua 2.

Le réseau de drainage de Hazoua 1 est constitué de six fossés secondaires et d'un fossé principal qui se termine par un décanteur et un puisard équipé par deux électropompes qui refoulent dans une conduite DN 200 vers le chott.

De même, le réseau de drainage de Hazoua 2 est constitué de six fossés secondaires et d'un fossé principal qui se termine par un décanteur et un puisard équipé par deux électropompes qui refoulent dans une conduite DN 200 en PVC PN10 vers le chott.

Les réseaux de drainage ont été entretenus dans le cadre du programme APIOS en 2017 et les pompes ont été remplacées. Dans l'ensemble, ces réseaux sont dans un état acceptable mais les fossés nécessitent toujours un entretien périodique et un budget nécessaire pour un entretien annuel.

La station d'exhaure de Hazoua 1 est fonctionnelle mais celle de Hazoua 2 est à l'arrêt en raison d'une panne au niveau du transformateur.

La salinité des eaux de drainage de l'oasis Hazoua 1 est de l'ordre de 5g/l et celle de Hazoua 2 varie entre 5 et 10 g/l.

7.3. Réutilisation des eaux de drainage dans le périmètre forestier Beni Ghrib

Ce projet de réutilisation des eaux de drainage dans le périmètre irrigué par les eaux de drainage des oasis de Hazoua a été initié par la société Beni Ghrib dans le cadre du projet de «lutte contre la désertification par l'expérimentation de plantes halophytes irriguées par l'eau salée de drainage» et la zone d'intervention de ce projet est le gouvernorat de Tozeur.

Les objectifs de ce projet sont:

- la protection des ressources naturelles;
- l'exécution des travaux agricoles selon le système biodynamique;
- la création d'un climat idéal à la production en favorisant les conditions de vente des produits et en établissant des relations de grande confiance avec différents partenaires commerciaux;
- l'établissement de relations entre les partenaires selon les conditions du commerce équitable;
- l'acquisition et la distribution des intrants agricoles nécessaires à l'agriculture biodynamique;
- la diversification de la production et l'augmentation de la biodiversité dans les parcelles;
- l'encadrement des agriculteurs en les orientant vers les meilleures techniques agricoles et le système biodynamique;

- l'établissement de relations de coopération et d'échange d'expériences dans le domaine de l'agriculture biodynamique avec d'autres organismes agricoles locaux et étrangers;
- d'une manière générale, l'accomplissement de toute mission visant le renforcement de l'intérêt collectif du groupement;
- la commercialisation des produits de l'oasis biodynamique à des prix raisonnables;
- l'amélioration de la biodiversité de l'oasis;
- l'amélioration de la productivité des parcelles biodynamique;
- la résolution des problèmes d'irrigation à travers la création des puits de surface;
- l'expérimentation d'un nouveau système d'économie d'eau d'irrigation dans l'oasis;
- l'amélioration du savoir-faire en agriculture biodynamique;
- l'introduction de nouvelles technologies de production des dattes biodynamiques;
- la certification de la production des dattes (Demeter, Bio, Bio Suisse, FAIRTRADE, NOP et ISO 22000).

Grâce au projet du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) réalisé en 2008-2010, les eaux de drainage ont été récupérées des oasis de Hazoua, et le groupement de développement agricole (GDA) a réinstallé le parcours durable de biodiversité en créant:

- une zone de pâturage contrôlée et protégée de 40 ha;
- une zone irriguée avec des arbustes plantés de 12 ha;
- un tapis de verdure de plantes désertiques spontanées visibles seulement dans la zone protégée du projet.

Résultats notés à la fin du projet:

- apparition et multiplication d'arbustes fourragers rares (plusieurs milliers de ces arbustes en pleine croissance actuellement);
- la zone protégée devient un refuge pour les animaux du Sahara (lièvres, renards, oiseaux).

D'après cette petite expérience, les eaux de drainage peuvent servir non seulement pour la lutte contre la dégradation des parcours, mais peuvent aussi être utilisées comme base pour l'irrigation des cultures fourragères et des halophytes qui sont des plantes extrémophiles qui peuvent supporter le sel contenu dans l'eau de drainage. Cette irrigation peut se faire sous forme de «jardin fourrager bio-salin». C'est dans ce cadre que se situe l'initiative du GDA qui essaye de valoriser les eaux de drainage de l'oasis pour créer une production fourragère additionnelle pour les animaux.

L'initiative du GDA proposée vise à tester en pratique et à suivre en plein champ le potentiel d'espèces extrémophiles pour la production de fourrage dans des conditions de salinité et de sécheresse spécifiques. Le fort potentiel de ces espèces a été déterminé en laboratoire mais le transfert en conditions réelles n'a encore jamais été réalisé.

Dans ce cadre, le groupement de développement de l'agriculture biodynamique (GDAB), avec l'aide d'un programme de microfinancement du FEM, se propose d'approfondir les résultats encourageants du premier projet par la création de «jardin halophytes» protégés pour la production de cultures fourragères.

Plusieurs raisons justifient le projet:

- La valorisation d'un important potentiel d'eau de drainage offrant de nouvelles possibilités dans la production fourragère.
 - La couverture du déficit de l'oasis en matière organique permettant d'assurer la pérennité de l'agriculture biodynamique.
 - L'assurance de la protection des parcours et de l'oasis contre la désertification, conséquence du défrichement et du surpâturage en auréole autour de l'oasis de Hazoua.
 - Approfondir la compréhension des plantes halophytes dans le cadre de l'agriculture biosaline comme vecteur additionnel de production fourragère.
 - Sensibiliser les agriculteurs à l'importance de la valorisation des eaux de drainage pour produire du fourrage.
 - Lutter contre la désertification, protéger l'oasis et assurer la pérennité de l'agriculture biodynamique.
- L'objectif du projet est d'installer de nouveaux fourrages dans les oasis biodynamiques de Hazoua.

Actuellement, l'analyse diagnostic montre que ce réseau n'est pas fonctionnel et en mauvais état car abandonné. Il nécessite donc une réhabilitation ou même un renouvellement et une équipe de gestion permanente.

Le site présente les avantages suivants:

- La disponibilité de l'eau de drainage pendant la période hivernale.
- La présence de la station de pompage de drainage de Hazoua 1 fonctionnelle, avec une pression suffisante pour alimenter le réseau d'irrigation localisée (type ajutage) dans la zone; il n'y a donc pas de consommation supplémentaire d'énergie.
- La disponibilité des zones favorable à l'aménagement (nature du sol, état foncier).
- Les résultats de l'expérience du GDA pendant les années d'utilisation des eaux de drainage présentés ci-dessus montrent que ce GDA peut assurer une bonne exploitation de la zone (d'après les objectifs ci-dessus indiqués).

Malgré ces avantages, ce site présente des inconvénients dont:

- l'absence d'une autre source d'eau pour l'irrigation d'appoint pendant les mois sans eaux de drainage;
- choix limité de cultures annuelles fourragères hivernales;
- absence de budget pour la continuité de la gestion et de l'exploitation ce site.

À côté de ce site, l'arrondissement forêt assure l'irrigation d'appoint d'une zone forestière par des citernes.

L'eau utilisée pour cette irrigation provient d'un puits qui nécessite une électrification et des eaux de forage des oasis, en particulier un forage d'eau chaude.

La superficie de cette zone est d'environ 60 ha. Elle est proche de la station de pompage de drainage de l'oasis Hazoua 2 et il est donc préférable d'utiliser les eaux de drainage pour l'irrigation de cette zone.

7.4. Gestion et valorisation des eaux de drainage dans la région de Kébili

Dans le cadre du projet «Appui à la mise en œuvre du Programme d'action national de lutte contre la désertification (PANLCD)», une étude en plusieurs phases a été réalisée en 2006 pour le Ministère de l'environnement et du développement durable avec pour objectif principal la mise en œuvre d'une stratégie nationale pour améliorer la gestion des eaux de drainage et les réutiliser, la cas échéant, pour, d'une part, réduire leur nuisance et leur impact sur l'environnement et, d'autre part, les valoriser comme ressources en eau non conventionnelle.

Les quatre oasis retenues pour le diagnostic et une définition sommaire des axes d'actions étaient Guettaya, Rjim Maatoug, Zarcine/Chokria et Tembib et les villages associés.

L'approfondissement du diagnostic et l'analyse de la problématique spécifique à chaque oasis de la zone d'étude ont permis de dresser le bilan suivant:

Les principaux problèmes communs aux quatre oasis de la zone d'étude sont:

- L'efficacité moyenne du réseau d'irrigation à la parcelle: en dépit des efforts déployés par l'État pour encourager à économiser l'eau d'irrigation, les équipements d'économie d'eau (conduite et bornes) à la parcelle demeurent insuffisants et la longueur des séguias enterrées dépasse 80 m dans certaines oasis.
- Les techniques d'irrigation utilisées, avec de faibles fréquences et de fortes doses, favorisent les pertes d'eau qui se retrouvent dans les réseaux de drainage. Les tours d'eau sont longs (12 à 28 jours en été) avec des doses brutes appliquées trop fortes (60 à 150 mm).
- La manière d'exploiter les forages artésiens, identique en été et en hiver et indépendamment des besoins en eau réels des plantes, fait que d'importantes quantités d'eau sont gaspillées en hiver et se retrouvent dans les réseaux de drainage.

La facturation forfaitaire à l'hectare appliquée pour l'eau d'irrigation dans les oasis n'est pas de nature à favoriser l'économie d'eau.

La prolifération des forages illicites et l'extension non contrôlée et anarchique des périmètres irrigués est un fléau qu'il convient de stopper: d'après le Commissariat régional de développement agricole (CRDA), on dénombre environ 55 forages illicites et plus de 70 ha de zones irrigués hors des limites officielles des périmètres dans les quatre oasis étudiées. Ce phénomène accentue le gaspillage de l'eau, la surexploitation de la nappe et la surcharge des réseaux de drainage.

Le faible taux d'intensification agricole: les cultures sous palmier ne sont pas suffisamment développées en raison de la durée trop longue du tour d'eau en hiver, incompatible avec les impératifs d'irrigation fréquente des cultures annuelles.

Ces facteurs ont largement contribué à l'accroissement des quantités d'eau de drainage rejetées dans les zones basses en aval dans les exutoires des oasis, en particulier en période hivernale, avec les nuisances environnementales et le gaspillage des ressources que cela induit.

La situation des GDA au niveau des quatre oasis est presque similaire et les principaux problèmes soulevés se résument comme suit:

- Les montants alloués par le CRDA à la maintenance des ouvrages et des équipements ainsi qu'à l'entretien des fossés et drains principaux enterrés sont faibles par rapport aux besoins (restrictions budgétaires).
- Insuffisance des moyens destinés au service des ressources en sol du CRDA pour réaliser un suivi plus précis mensuel et régulier des eaux de drainage en aval des oasis (faible périodicité de prélèvement et des analyses, uniquement deux mesures par an des eaux de drainage en aval des oasis: une seule fois en hiver et une seule fois en été) et des nappes phréatiques à l'intérieur des oasis (piézomètres).
- Faibles moyens matériels de la cellule GDA: la cellule GDA du CRDA manque de moyens matériels pour assurer les différents travaux de suivi et de coordination avec les responsables et les membres des GDA de l'ensemble des oasis dans le gouvernorat de Kébili.
- Faiblesse des moyens financiers au niveau des GDA pour l'entretien des réseaux secondaires et tertiaires de drainage. Le niveau des dépenses réelles d'entretien des ouvrages est faible en raison de grands dépassements au niveau des autres rubriques (frais d'énergie).
- Manque de moyens matériels des GDA: absence de locaux propres aux GDA, absence de moyens de transport, etc.
- Absence de formation des GDA et du comité de gestion des GDA.
- Le processus d'élection du conseil d'administration des GDA ne garantit pas les conditions de sa réussite: aucun critère minimum n'est exigé.
- Les inconvénients du bénévolat: le bénévolat a ses limites, la plupart des comités de gestion des GDA ont d'autres responsabilités et le temps consacré aux GDA devient ainsi limité.
- La majorité des GDA n'arrivent pas à assumer les grands travaux d'entretien et de maintenance des infrastructures hydrauliques des oasis. Les GDA ne sont pas autonomes, ils n'ont pas les moyens financiers et techniques nécessaires et ils resteront donc tributaires de l'assistance du CRDA.

Les GDA connaissent un accroissement assez important de leurs charges qui sont liées directement à l'entretien courant des systèmes d'irrigation et de drainage et aux frais exorbitants de l'électricité (stations de pompage d'irrigation et de drainage). Outre les problèmes communs à toutes les oasis, chaque oasis a des problèmes spécifiques:

• OASIS GUETTAYA

Le réseau de drainage est mal entretenu: les zones basses des oasis Guettaya Nord et Sud souffrent du manque d'entretien du réseau de drainage enterré. La plupart des collecteurs enterrés sont bouchés et les regards sont remplis d'eau. Les regards installés sur les collecteurs sont très éloignés (200 à 300 m), ce qui rend difficile l'entretien des collecteurs.

Les débits des eaux de drainage fluctuent fortement selon la saison: les débits d'eau de drainage varient de 19 l/s en hiver à moins de 3 l/s en été, ce qui limite les possibilités de leur réutilisation. De plus, le résidu sec mesuré est assez élevé, de l'ordre de 7,4 g/l.

• OASIS RJIM MAATOUG

- Le réseau de drainage n'est pas suffisamment dense: la zone basse au nord de l'oasis Rjim Maatoug 2 enregistre des remontées de la nappe et nécessite la densification du réseau de drainage enterré.
- Le réseau de surveillance de la nappe phréatique n'est pas fonctionnel.
- Les eaux de drainage stagnent en aval de l'oasis Rjim Maatoug 2 en raison des fortes doses d'irrigation appliquées, ce qui favorise la percolation vers la nappe et, par la suite, la surcharge du réseau de drainage.

• OASIS TEMBIB

- Les regards du réseau de drainage enterré sont trop espacés, ce qui rend difficile les opérations de curage mécanique.

- Les ouvrages de traversée installés sous la route Tembib-Guettaya sont mal exécutés, d'où la stagnation des eaux de drainage dans le fossé situé parallèlement à cette route. Par ailleurs, le fossé d'assainissement situé au-delà de la route et menant normalement vers l'exutoire n'est pas fonctionnel.

- **OASIS ZARCINE**

- Le réseau d'assainissement est envasé et n'est pas suffisamment dense: la zone basse de l'oasis nécessite le curage des fossés ainsi que la densification du réseau d'assainissement.
- Le réseau de surveillance de la nappe phréatique n'est pas fonctionnel.
- Les eaux de drainage stagnent dans les fossés d'assainissement en aval de l'oasis, près de la route Kébili-Douz, faute de station de pompage.

7.5. Potentiel des eaux de drainage pour l'irrigation en périphérie de l'oasis Guettaya

Les résultats des analyses des échantillons des eaux de drainage (salinité de l'ordre de 7,4 g/l), montrent que les eaux de drainage ne doivent pas être réutilisées à l'intérieur de l'oasis. La réutilisation de ces eaux comme ressources en eau non conventionnelle pourrait être envisagée en périphérie de l'oasis.

Les eaux de drainage sortant de la station de pompage de drainage en aval de l'oasis pourraient utilement servir à l'installation et à l'entretien de plantations d'arbustes fourragers. Ces espèces constitueront une réserve fourragère pour les troupeaux camelins et caprins. Pour l'oasis Guettaya, où la salinité est de 7,4 g/l, il faut se contenter uniquement de plantation d'atriplex.

Le choix de l'espèce dépend entre autres de l'évolution thermo-pluviométrique et de la disponibilité en eau d'irrigation. Les atriplex ont besoin d'eau principalement durant la saison estivale et dans les trois premières années suivant leur plantation.

Cependant, les débits de drainage estivaux disponibles auprès de la station de pompage de drainage sont négligeables (Q_{min} : 2 l/s, Q_{max} : 4 l/s, et Q_{moy} : 2,8 l/s) et ne sont pas encourageants pour la plantation de l'espèce.

Dans le cas de l'oasis Guettaya, les premières actions à entreprendre sont:

- La remise en état et l'élimination des fossés d'assainissement créés récemment par le GDA en aval dans les zones basses de l'oasis. Les eaux de drainage suivront ainsi leur chemin normal et seront déversées dans la station de pompage de drainage.
- La réalisation du réseau d'économie d'eau projeté par cette étude.
- La réalisation par le service des ressources en sol du CRDA d'un suivi mensuel tout au long de l'année (mois par mois, soit douze mesures par an et non pas deux mesures par an comme c'est le cas actuellement).

Les mesures des eaux de drainage (quantité et qualité) seront régulières près de la station de pompage de drainage pendant au moins une année pour décider par la suite, suivant l'importance des quantités et de la qualité des eaux de drainage durant les saisons estivales et hivernales, de la possibilité réelle de valorisation des eaux de drainage hors oasis (aquaculture au voisinage immédiat de la station de drainage ou irrigation d'arbustes fourragers).

7.6. Potentiel des eaux de drainage pour l'irrigation en périphérie des oasis Rjim Maatoug

Les résultats des analyses des échantillons des eaux de drainage en aval de l'oasis Rjim Maatoug 2 près de la station de pompage de drainage (salinité de l'ordre de 5,2 g/l) montrent que ces eaux ne doivent pas être réutilisées à l'intérieur de l'oasis.

La réutilisation de ces eaux comme ressources en eau non conventionnelles pourrait être envisagée en périphérie de l'oasis. Étant donné l'abondance des eaux de drainage au niveau de la station de pompage et de drainage pendant les saisons hivernales et estivales, on pourrait envisager une réutilisation mixte de ces eaux (irrigation et aquaculture).

Notons que la valorisation des eaux de drainage concerne uniquement les eaux issues de l'oasis Rjim Maatoug près de la station de pompage de drainage et non pas la nappe phréatique du village de Rjim Maatoug. La nappe phréatique du village de Rjim Maatoug n'est pas sujette à une réutilisation et n'est

pas proposée pour être valorisée dans le cadre de cette étude. Nous signalons que les eaux de drainage issues de l'oasis Rjim Maatoug destinées à la réutilisation en irrigation et en aquaculture ne sont pas mélangées avec la nappe phréatique du village de Rjim Maatoug.

Le terrain situé juste à la limite nord de l'oasis Rjim Maatoug 2, au-delà de la station de pompage de drainage et qui fait partie du domaine de l'État, pourrait servir à l'installation de plantations fourragères (type luzerne) tandis que le terrain situé aux alentours immédiats de la station de pompage de drainage servirait à l'activité aquacole.

Le débit de drainage destiné à l'irrigation de plantations fourragères sera prélevé à partir d'un piquage sur la conduite de refoulement actuelle Ø315 en PVC menant vers le chott. L'ouvrage de piquage est situé à environ 200 m à la sortie de la station de pompage de drainage.

Tenant compte des variations des débits de drainage et de leur diminution, surtout pendant la saison estivale, ainsi que des débits réservés à l'activité aquacole, et par mesure de sécurité, le débit de drainage destiné à l'irrigation sera d'environ 7 l/s (en été et en hiver).

Le nouveau périmètre de 4 ha servira à la plantation fourragère de type luzerne et sera équipé de réseaux d'irrigation et de drainage enterrés. Le périmètre sera en premier lieu planté de rangées d'acacias et servira par la suite à la plantation de luzerne.

7.7. Potentiel des eaux de drainage pour l'aquaculture

Les oasis de Rjim Maatoug, Zarcine, Guettaya et Tembib ont fait l'objet d'un tri rationnel dans l'objectif d'une éventuelle exploitation aquacole fondée sur plusieurs facteurs tels que:

- variations saisonnières des débits et des salinités des eaux de drainage;
- qualité bactériologique et chimique des eaux de drainage;
- disponibilité en sols plats, non inondables et exempts d'arbres et d'arbustes hauts;
- facilité d'accès au réseau STEG et aux eaux propres;
- motivation et conviction des promoteurs par l'intérêt économique des activités aquacoles à mettre en place.

Sur la base de ces facteurs, il s'avère que les sites de Rjim Maatoug, Zarcine (après assainissement des eaux usées et en vérifiant par la suite à travers des analyses la qualité des eaux de drainage pour une éventuelle réutilisation) et, dans un degré moindre, Guettaya (après la remise en état du réseau de collecte des eaux de drainage) paraissent les plus propices pour constituer les premiers noyaux aquacoles capables de rayonner sur le reste des oasis du gouvernorat de Kébili.

Oasis Rjim Maatoug

D'après les données statistiques, les débits des eaux de drainage vont de 2 l/s à 72 l/s.

La salinité varierait de 1,5 à 3,8 g/l et a atteint une valeur de 5,2 g/l en novembre 2008, favorable pour des poissons d'eau douce.

D'après les résultats d'analyses, la valeur du pH est pratiquement neutre, la teneur en métaux lourds est acceptable et la pollution organique est légère.

Par référence aux moyennes de salinité et à l'abondance des eaux de drainage et compte tenu des conditions techniques et physico-chimiques du site, l'étude propose d'y introduire des élevages de tilapias.

Les aménagements aquacoles seront édifiés aux alentours immédiats, à l'ouest de la station de pompage de drainage sur un terrain appartenant à l'État, celui-ci accordant des concessions aux futurs exploitants.

L'ébauche du projet de démarrage résidera en un étang pilote de 5 000 m³ (100 m x 50 m x 1 m) qui sera composé de cinq bassins de même volume (1 000 m³ par bassin) dont une pour le pré-grossissement et quatre pour le grossissement. Quand ce projet pilote de démonstration aura réussi, l'extension prévue sera assurée avec une cadence directement liée à l'adaptation des promoteurs aquacoles et aux résultats financiers de chaque unité réalisée.

Le noyau de démarrage sera constitué de huit fermes aquacoles, constituées chacune de cinq bassins de même ordre de grandeur et d'usage que l'ébauche ci-dessus indiquée. Les unités seront alignées en deux séries de quatre fermes de part et d'autre d'un chenal d'amenée d'eau à ciel ouvert, d'un niveau surélevé de 1,20 m par rapport aux bassins qu'il va alimenter en eau de drainage (voir volume 2). Ainsi, ce noyau de démarrage sera édifié sur une superficie de $5\,000\text{ m}^2 \times 8 = 40\,000\text{ m}^2$, soit 4 ha.

• OASIS ZARCINE

D'après les données statistiques, les débits des eaux de drainage varient de 1 l/s à 42 l/s. La salinité varierait de 2,5 g/l en hiver à 11,7 g/l en été et a atteint une valeur de 5,5 g/l en novembre 2008.

D'après les données sur la qualité physico-chimique des eaux de drainage, celles-ci ne peuvent être réutilisées que pour l'aquaculture. En effet, l'analyse des variations saisonnières et annuelles de la salinité (avec une moyenne de 4,2 g/l pouvant aller jusqu'à 11 g/l) empêche toute idée de réutilisation dans l'agriculture. Ces niveaux de salinité restent très destructifs pour les sols.

Bien que l'exutoire de l'oasis présente tous les atouts en nature et en infrastructure de base pour le développement d'une activité aquacole, la contrainte de l'assainissement s'impose avant tout. En effet, le site de Zarcine est pour le moment défavorable et présente une pollution bactérienne et organique des eaux de drainage en aval de l'oasis très dangereuse pour la santé et dépassant de loin les normes internationales.

Compte tenu de la stagnation d'eau dans les fossés d'assainissement (faible pente) en aval de l'oasis, la construction d'une station de pompage de drainage s'impose en premier lieu.

Cette station a été créée dans le cadre du projet APIOS en 2017 et elle est fonctionnelle. La gestion des eaux usées du village de Zarcine (situé au milieu de l'oasis) passe par la création d'un réseau fiable d'assainissement des eaux usées. Ensuite, les prises fréquentes d'échantillons des eaux de drainage au niveau de l'exutoire de l'oasis passant sous la route Kébili/Douz et leurs analyses détaillées à moyen terme (pendant 5 ans au moins) peuvent permettre de décider de la création d'une activité aquacole sur le site.

• OASIS GUETTAYA

L'oasis de Guettaya est constituée de l'oasis Nord et l'oasis Sud équipée chacune d'un drain primaire et les deux normalement se joignent avant d'atteindre une station de pompage de drainage en aval de l'oasis. Ayant présenté des défaillances, le drain de l'oasis Nord a été abandonné par les agriculteurs qui ont fait creuser un drain secondaire à ciel ouvert. Plus tard, et pour des raisons techniques (quantités d'eaux de drainage relativement limitées) et économiques (ne pouvant supporter les frais d'énergie), le GDA a abandonné le drain primaire de l'oasis Sud et a fait creuser un drain secondaire à ciel ouvert qui rejoint celui de l'oasis Nord pour se déverser dans une lagune limitrophe sans aucun intérêt aquacole.

Avec cette situation de piétinement du réseau des eaux de drainage (au niveau des drains primaires enterrés et de la station de pompage) et compte tenu de la difficulté conséquente dans l'évacuation des eaux de drainage en aval de l'oasis, l'étude n'a pas pu se prononcer sur une éventuelle potentialité d'élevage aquacole futur.

Ainsi, avant la remise en état des drains primaires et l'élimination des fossés d'assainissement créés récemment par le GDA, il est exclu d'évoquer une quelconque importance aquacole.

• OASIS TEMBIB

L'analyse des données statistiques sur les variations temporelles des eaux de drainage évacuées par le réseau de drainage en aval de l'oasis de Tembibi indique de grandes variations de la salinité et du débit des eaux de drainage entre les saisons hivernales et estivales. Ces débits peuvent aller de 1 l/s, valeur la plus basse à l'été 2004, à 52 l/s valeur la plus haute à l'hiver 1998.

La salinité quant à elle varie de 2,8 à 10,3 g/l entre l'hiver et l'été. De plus, depuis fin 2006, les fossés de drainage sont à sec et le débit de drainage est devenu négligeable depuis 2007.

Cette situation des eaux de drainage dans l'oasis (débit très faible en été) fait qu'elles ne présentent pas d'intérêt de réutilisation, notamment en aquaculture.

7.8. Règlements et gouvernance des eaux de drainage

Puisque les eaux de drainage sont considérées comme des eaux non conventionnelles, c'est la même réglementation qui peut être appliquée, principalement la réglementation en lien avec la protection des ressources en eau et en sol, à savoir:

- Article 104 du Code des eaux qui stipule: «Les zones et points de rejet des eaux de drainage des périmètres irrigués doivent être choisis de manière à éviter de dégrader, par leur salure, les propriétés avoisinantes. En cas d'impossibilité technique, une indemnité est servie aux propriétaires dont les fonds ont été dégradés à raison des dommages occasionnés».
- La loi n° 75-16 du 31 mars 1975, portant promulgation du Code des eaux tel que modifié par la loi n° 87-35 du 6 juillet 1987, par la loi n° 88-94 du 2 août 1988 et par la loi 2001-116 du 26 novembre

2001. Les dispositions de ce Code ont pour objet la lutte contre la pollution des eaux dans le but de satisfaire ou de concilier les exigences de l'alimentation en eau potable; de la santé publique; de l'agriculture, l'industrie, et toutes autres activités humaines d'intérêt général; de la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole ainsi que les loisirs des sports nautiques; de la protection des sites; et de la conservation et de l'écoulement des eaux.

- La loi n° 95-70 du 17 juillet 1995 relative à la conservation des eaux et du sol institue le cadre d'intervention pour protéger les eaux et les sols basé sur le partenariat entre l'administration et les bénéficiaires. Elle instaure des outils d'aménagement du territoire pour assurer une meilleure affectation de l'espace en vue de protéger les ressources en sol et de garantir la protection des réservoirs et des sites de stockage de l'eau dans le pays.

• MILIEU NATUREL ET TERRAINS AGRICOLES

La Tunisie dispose d'un arsenal juridique en matière de préservation des composantes de la nature (flore et faune sauvages, parcs nationaux et réserves naturelles, zones humides, littoral, forêt, etc.). Le Code forestier, refondu par la loi n°88-20 du 13 avril 1988 et modifié et complété par les textes subséquents dont la loi n° 2005-13 du 26 janvier 2005 ainsi que par la loi n° 2009-59 du 20 juillet 2009, portant simplification des procédures administratives dans le secteur de l'agriculture et de la pêche, instaure un régime forestier constitué d'un ensemble de règles spéciales s'appliquant aux forêts, nappes alfatières, terrains de parcours, terres à vocation forestière, parcs nationaux et réserves naturelles, à la faune et à la flore sauvages, dans le but d'en assurer la protection, la conservation et l'exploitation rationnelle et aussi de garantir aux usagers l'exercice légal de leurs droits.

L'arrêté du 19 juillet 2006 du Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques fixe la liste de la faune et de la flore sauvages rares et menacées d'extinction.

• GESTION DES REJETS LIQUIDES

Le décret n° 85-56 du 2 janvier 1985, relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur fixe les conditions dans lesquelles sont réglementés ou interdits les rejets dans le milieu récepteur.

La loi n° 82-66 du 6 août 1982 relative à la normalisation et le décret n° 85-86 relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur fixent les conditions générales des rejets et celles d'octroi des autorisations des rejets. Les eaux usées traitées doivent répondre aux spécifications de la norme tunisienne relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique NT 106.02. Cette norme définit les conditions auxquelles sont soumis les rejets d'effluents traités et non traités dans le milieu hydrique.

Elle spécifie pour plus de 50 paramètres les caractéristiques permises des rejets dans: (i) le domaine public maritime, (ii) le domaine hydraulique, et (iii) les canalisations publiques de l'Office national de l'assainissement (ONAS).

La norme tunisienne relative aux spécifications des eaux usées traitées à des fins agricoles NT 106.03 (1989).

7.9. Conclusion

Comme dans tous les pays du Maghreb, la réutilisation des eaux de drainage en Tunisie n'est pas très répandue. Même les expériences qui ont eu lieu dans le Sud tunisien ne se sont pas poursuivies. Les oasis de Chamsa et Ibn Chabbat et les oasis de Hazoua 1 et 2 dans le gouvernorat de Tozeur sont les premières à utiliser cette ressource d'eaux non conventionnelles.

Cette utilisation se focalise principalement sur les périmètres irrigués dans le domaine forestier de Chamsa. Le périmètre forestier de Chamsa est situé au nord de l'oasis de Chamsa à 7,5 km de la ville de Tozeur. Il est irrigué par les eaux de drainage de l'oasis de Chamsa qui s'étend sur 100 hectares, et des eaux de drainage de l'oasis Ibn-Chabbat, qui couvre 836 hectares.

Dans le cas de Beni Ghrib (gouvernorat de Tozeur), le projet de réutilisation des eaux de drainage dans le périmètre irrigué par les eaux de drainage des oasis de Hazoua a été initié par la société Beni Ghrib où les eaux de drainage peuvent servir non seulement pour la lutte contre la dégradation des parcours, mais aussi être utilisées comme base pour l'irrigation des cultures fourragères et des halophytes. À ce propos, une initiative a été lancée pour tester en pratique et suivre en plein champ le potentiel d'espèces extrêmophiles pour la production de fourrage dans des conditions de salinité et de sécheresse spécifiques. Le fort potentiel de ces espèces a été déterminé en laboratoire mais le transfert en conditions réelles n'a encore jamais été réalisé.

Dans la région de Kébili (Sud tunisien), plusieurs facteurs ont largement contribué à l'accroissement des quantités d'eau de drainage rejetées dans les zones basses en aval dans les exutoires des oasis (Guettaya, Rjim Maatoug, Tembib, Zarcine) en particulier en période hivernale, avec les nuisances environnementales et le gaspillage des ressources que cela induit. Le problème majeur reste lié à la gestion et valorisation des eaux de drainage de ces quatre oasis.

Des analyses ont permis de montrer que dans les cas de l'oasis Guettaya et de l'oasis Rjim Maatoug, le potentiel des eaux de drainage pour l'irrigation peut se trouver en périphérie de l'oasis et principalement pour l'entretien de plantations d'arbustes fourragers.

Dans ce contexte, et principalement dans les oasis de Rjim Maatoug, Zarcine, Guettaya et Tembib, le potentiel des eaux de drainage pour l'aquaculture est considérable. Ces oasis ont fait l'objet d'un tri rationnel dans l'objectif d'une éventuelle exploitation aquacole. Les oasis de Rjim Maatoug, Zarcine paraissent les plus propices pour constituer les premiers noyaux aquacoles capables de rayonner sur le reste des oasis du gouvernorat de Kébili.

Toute cette réutilisation doit répondre aux réglementations existantes dans le pays qui dispose d'un arsenal juridique en matière de préservation des composantes de la nature et à une gouvernance optimale dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau dans le pays.

8. CONCLUSION

Avec une démographie de plus en plus croissante, la région du Maghreb totalise une population actuelle d'environ 100 millions d'habitants qui devrait dépasser 130 millions en 2050. Cette évolution devrait certainement exercer un impact sur la sécurité alimentaire et la sécurité hydrique ainsi que sur l'environnement, l'agriculture et les ressources en eau en particulier. Cette région se caractérise par une rareté physique de l'eau du fait de ne pas pouvoir répondre à toute la demande croissante en eau, avec des symptômes liés à une grave dégradation de l'environnement et une surexploitation des ressources en eau. Elle se caractérise également par une rareté économique de l'eau causée par un manque d'investissement dans le secteur de l'eau en général.

Le ratio global maghrébin qui est l'indicateur du seuil de disponibilité par habitant et par an des ressources en eau renouvelables internes (indice de stress hydrique) est actuellement d'environ 410 m³/hab/an, ce qui montre que la région du Maghreb souffre d'une rareté d'eau absolue en plus des impacts liés aux changements climatiques qui induiront l'augmentation des températures annuelles moyennes et la réduction des précipitations.

Outre la croissance démographique rapide et des taux d'urbanisation élevés, la demande en eau agricole ne cesse d'augmenter pour assurer essentiellement la production alimentaire. Ce prélèvement d'eau pour les systèmes agricoles irrigués dans toute la région du Maghreb ne cesse d'augmenter pour atteindre 26 milliards de m³, qui représentent 78 pour cent du potentiel mobilisable. Ces systèmes agricoles irrigués et pluviaux contribuent à la productivité globale maghrébine.

L'agriculture joue un rôle important dans la compensation de la demande alimentaire croissante et l'approvisionnement en produits alimentaires. Ces activités agricoles sont très variables d'un pays à l'autre et nécessitent de grandes quantités d'eau supplémentaires pour l'irrigation dans des conditions de stress hydrique absolu, où l'eau conventionnelle devient de plus en plus rare et l'approvisionnement en eau d'irrigation ne peut être assuré que par des eaux non conventionnelles comme les eaux usées.

Cette rareté de l'eau oblige les pays à rechercher des ressources en eau supplémentaires, notamment les ressources en eau non conventionnelles, parmi lesquelles les eaux de drainage qui pourraient répondre à la demande accrue en eau, principalement pour le secteur agricole pendant les périodes de sécheresse et dans les zones de rareté d'eau. En effet, le potentiel de ces ressources est très important et augmente avec les années. Cependant, dans toute la région, ces ressources et leur réutilisation sont insuffisamment documentées et il n'existe que quelques statistiques qui nécessitent une mise à jour. À titre d'exemple, la Tunisie et l'Algérie disposent respectivement de 60 milliards de m³ et 1 048 milliards de m³ de ressources en eau de drainage.

Malgré l'absence de données fiables, ces ressources demeurent un potentiel valorisable pour la région du Maghreb. De fait, ces ressources en eau non conventionnelles pourraient contribuer à répondre à la demande accrue en eau, principalement pour le secteur agricole et plus précisément pendant les périodes de sécheresse. En effet, le potentiel de ces ressources est très important et augmente avec les années.

L'analyse diagnostic de l'état de l'art a pu montrer que les pays de la région du Maghreb avaient inscrit les objectifs et les principes du développement durable dans leurs politiques et programmes de développement. Des processus de réformes institutionnelles et réglementaires ont été engagés avec diverses procédures juridiques de plus en plus adaptées aux principes et aux exigences environnementales.

D'une façon générale, le taux de réalisation des objectifs du développement durable pour la région du Maghreb a atteint une moyenne de 62 pour cent. Afin de continuer sur cet élan, les recommandations pertinentes sont les suivantes:

- renforcement de la collaboration entre les pays du Maghreb pour le déblocage du potentiel des eaux non conventionnelles avec la création des mécanismes nécessaires au sein de l'Union du Maghreb arabe (UMA);
- capitalisation sur l'expérience des différents pays maghrébins dans le domaine des eaux de drainage et leurs utilisations pour le développement agricole;
- développement de capacités organisationnelles, techniques et institutionnelles dans le secteur de la gestion des eaux de drainage.



CHAPITRE 3

APPROCHE SOUS-RÉGIONALE DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES ET APPLICATION POUR LES PROJETS DE RÉUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'Initiative régionale sur la pénurie d'eau (WSI), la FAO et ses partenaires continuent d'aider - plus que jamais - les pays de la région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord à relever leurs défis les plus pressants: évaluer la sécurité alimentaire et hydrique pour un développement économique et social durable. Pour prévenir les pénuries d'eau aiguës, l'utilisation de ressources en eau non conventionnelles pour la production agricole apparaît comme une priorité pour la plupart des pays.

Malgré le potentiel des ressources en eau non conventionnelles, qui offrent une occasion unique d'améliorer non seulement l'approvisionnement mais aussi l'efficacité de la production et de l'allocation, celles-ci restent jusqu'à présent inexploitées. Le rôle de ces ressources dans le renforcement de la sécurité de l'approvisionnement en eau est encore sous-estimé. Aujourd'hui, la réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage a été identifiée comme une ressource importante qui pourrait contribuer à atténuer la pénurie d'eau qui se transforme en déficit hydrique dans les pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord. Les ressources en eau douce sont libérées au profit d'autres secteurs concurrents qui sont souvent considérés comme plus prioritaires que l'eau potable pour la population et les besoins croissants. Les coûts et les avantages de ces projets de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage doivent être étudiés. Alors que l'accent a été mis sur les aspects financiers des projets de réutilisation des eaux usées traitées, les avantages pour le développement agricole n'ont pas été analysés de manière exhaustive.

Un cadre général impératif est nécessaire, avec une approche régionale holistique, pour savoir comment appliquer l'analyse coûts-bénéfices (ACB) aux projets de réutilisation des eaux non conventionnelles (ENC) pour le développement agricole. En d'autres termes, des outils quantitatifs et analytiques institutionnalisés doivent être développés et utilisés pour estimer les coûts et les bénéfices, y compris la rentabilité des exploitations agricoles, la santé, l'environnement, le marché, les institutions et les échecs des politiques.

2. RÔLE ET LOGIQUE DE L'APPROCHE SOUS-RÉGIONALE DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES POUR LES PROJETS DE RÉUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

L'approche sous-régionale pour améliorer l'investissement dans la réutilisation de l'eau non conventionnelle pour le développement agricole dans les pays du Maghreb est basée sur la méthodologie de l'ACB et de l'outil de prise de décision qui aide à identifier les projets d'investissement pour une allocation efficace des ressources financières limitées. L'approche sous-régionale sera menée en référence aux projets de réutilisation des eaux non conventionnelles qui sont en cours de réalisation ou de réhabilitation.

L'approche sous-régionale de l'ACB jouera un rôle important dans le processus d'élaboration de tout plan d'investissement relatif aux projets de réutilisation des eaux non traitées en estimant les coûts et les avantages des différentes options de collecte, de traitement et d'irrigation.

L'approche sous-régionale de l'ACB pour les projets de réutilisation des ENC doit être complétée par des études analytiques spécifiques afin de considérer correctement les impacts de la réutilisation des ENC sur les ressources naturelles et la production agricole et les risques qui y sont liés ainsi que l'acceptation et les implications sociales.

3. PROCESSUS DE L'APPROCHE SOUS-RÉGIONALE DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES POUR LES PROJETS DE RÉUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

L'approche sous-régionale de l'ACB pour les projets de réutilisation des ENC consiste en la série suivante d'étapes analytiques:

3.1. Définition du projet de réutilisation des ressources en eau non conventionnelles

Un cadre clair doit être établi pour l'analyse qui consiste à décrire le projet de ressources en eau non conventionnelles de manière suffisamment détaillée: collecte des eaux non conventionnelles, traitement des eaux non conventionnelles, réutilisation des eaux non conventionnelles pour l'irrigation: réseau, système d'irrigation, cultures irriguées. La définition du champ d'application et des limites de l'analyse permettra d'esquisser toutes les séries d'options disponibles, y compris les avantages et les coûts pertinents à développer.

La description du problème que le projet de réutilisation des eaux non conventionnelles cherche à atténuer et les objectifs à atteindre détermineront les avantages et les bénéficiaires du projet.

L'objectif de l'approche ACB du Maghreb sera utilisé pour déterminer si un projet de réutilisation des eaux non conventionnelles doit être mis en œuvre et pour décider de l'option à choisir. Ces options doivent être comparées au scénario de base, à savoir la situation telle qu'elle sera si le projet de réutilisation des eaux non conventionnelles n'est pas mis en œuvre. Les options proposées correspondent aux activités spécifiques qui peuvent être mises en œuvre au cours d'un horizon temporel pendant lequel les coûts et les bénéfices doivent être comparés et évalués. Les principes pour le choix de l'horizon temporel du projet de réutilisation du ENC sont les suivants:

- suffisamment long pour capturer la plupart des coûts et des avantages;
- cohérent avec l'horizon temporel utilisé pour les autres analyses du projet;
- cohérent pour toutes les options proposées;
- tous les coûts et avantages encourus ou gagnés au cours de cet horizon temporel doivent être inclus dans l'analyse.

3.2. Identification des contraintes du projet de réutilisation des ressources en eau non conventionnelles

Afin d'assurer la faisabilité de toutes les options/alternatives examinées dans l'approche de l'analyse, l'identification des contraintes des projets de réutilisation des ressources en eau non conventionnelles sera très importante pour ces projets; c'est pourquoi les contraintes potentielles doivent être clairement exposées. Ces contraintes qui pourraient empêcher d'atteindre les objectifs attendus sont principalement liées aux aspects suivants:

3.2.1. Aspects techniques

Ils touchent à la planification, la programmation, la gestion, le financement, la mise en œuvre et l'exploitation des projets de réutilisation des eaux non conventionnelles. Plus précisément, les principales contraintes sont liées aux composants d'un système de collecte d'eau non conventionnelle, aux égouts des bâtiments ou aux raccordements des propriétés, aux stations de relevage ou de pompage, aux stations de traitement et aux systèmes de production agricole et d'irrigation.

3.2.2. Aspects financiers et d'investissement

Budgets limités, avantages peu clairs, systèmes de tarification qui ne reflètent pas les valeurs économiques et les coûts d'investissement pour la réutilisation de l'eau non conventionnelle en agriculture. Les incitations économiques ou financières existantes n'ont pas réussi à améliorer les taux globaux de réutilisation, par exemple des eaux usées traitées, qui restent très faibles. Les modèles d'investissement, lorsqu'ils existent, sont généralement basés sur une combinaison de coûts d'exploitation et de subventions qui ne tiennent pas compte des avantages de la réutilisation sûre des eaux non conventionnelles en termes de préservation de l'environnement et de la santé.

3.2.3. Aspects politiques

Les ressources en eau non conventionnelles ne font généralement pas partie des politiques nationales de l'eau pour faire face à la pénurie d'eau dans les pays du Maghreb. Il y a un manque de stratégies nationales claires et de plans d'action pour prendre en compte les ressources en eau non conventionnelles dans le cadre des allocations d'eau nationales (comme la gestion intégrée des ressources en eau [GIRE]).

3.2.4. Aspects législatifs

Pas de cadres législatifs appropriés pour institutionnaliser l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles de manière globale; il manque des cadres réglementaires, des directives et des normes.

3.2.5. Aspects institutionnels

Il y a une multiplicité de ministères, d'administrations et d'agences (eau, agriculture, énergie, environnement, affaires municipales, santé) impliqués dans l'utilisation de l'eau non conventionnelle avec, parfois, des objectifs contradictoires et des responsabilités qui se chevauchent et, souvent, un manque de communication. La participation des parties prenantes, notamment des utilisateurs et des agriculteurs, est généralement négligée.

3.2.6. Aspects managériaux et sociaux

Il y a, à tous les niveaux (collecte, traitement et réutilisation), un personnel limité et insuffisamment qualifié par rapport au nombre d'agriculteurs et de travailleurs sur le terrain. Par ailleurs, l'acceptation, l'appropriation et la participation des utilisateurs finaux, qui sont les piliers de la dimension sociale, pourraient être une contrainte importante. Souvent, les décisions d'investissement dans la réutilisation de l'eau non conventionnelle sont prises par les institutions du secteur de l'eau sans évaluation approfondie ni consultation des agriculteurs et des utilisateurs finaux de l'eau.

3.2.7. Aspects environnementaux et sanitaires

Les contraintes liées à la réutilisation des eaux non conventionnelles pour le développement agricole n'ont malheureusement pas été étudiées en profondeur dans les pays du Maghreb. Cependant, les risques sanitaires possibles et leurs mesures d'atténuation sont bien connus. Il existe des directives et des réglementations internationales pour une réutilisation sûre. L'application des directives internationales ainsi que le développement et l'application des directives nationales doivent être renforcés.

3.3. Élaboration d'options et d'alternatives pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles

La première option qui doit être identifiée est l'option «sans projet de réutilisation des ENC». Elle est nécessaire car les coûts et les bénéfices sont toujours incrémentaux par rapport à ce qui se serait passé si le projet n'avait pas été réalisé. Ainsi, l'option «sans projet de réutilisation des ENC» est la situation de base.

Le nombre d'options générées doit être suffisant - au moins trois alternatives axées sur la collecte, le traitement et la réutilisation - afin de fournir aux décideurs une réelle marge de manœuvre pour sélectionner les solutions optimales. Toutes les options qui ont été identifiées et clairement distinguées les unes des autres seront entièrement incorporées dans l'approche ACB du Maghreb qui utilise une quantité considérable d'analyses spéciales ultérieures.

3.4. Identification des avantages du projet de réutilisation des eaux non conventionnelles

L'identification des impacts pertinents des différentes options proposées, tout en spécifiant les ressources utilisées dans la mise en œuvre, facilitera l'identification des effets des projets/options sur les prix du marché et les niveaux de production agricole, les niveaux d'emploi local, ainsi que les impacts sur l'environnement. Les impacts positifs, appelés bénéfiques, font référence à l'augmentation de la quantité et de la qualité des biens et services qui génèrent une utilité positive.

Les impacts négatifs comprennent également l'utilisation de ressources (intrants de production) pour le projet qui ne peuvent pas être utilisées simultanément dans un autre projet. Les analyses coûts-avantages et coûts-efficacité sont basées sur les coûts et avantages différentiels

Les incidences pertinentes doivent être quantifiées physiquement, ce qui implique la détermination de quantités physiques (coûts et avantages) pour les options et l'identification du moment où elles se produiront.

Il convient de dresser une liste des avantages attendus de l'option proposée qui peut inclure des éléments tels que:

- coût des biens d'équipement du projet (collecte, traitement et réutilisation);
- valeur des résultats des revenus générés par le projet;
- coûts de la situation «sans le projet»;
- gains de productivité pour toutes les composantes du projet: collecte, traitement et réutilisation;
- avantages pour l'environnement et la santé;
- prestations sociales;
- amélioration de l'emploi.

Pour chaque option ou alternative, il convient de dresser une liste des coûts. Voici quelques exemples:

- dépenses en capital;
- coûts d'exploitation et de maintenance pour toute la durée de vie économique prévue du projet;
- coûts de la main-d'œuvre;
- coûts des matériaux pour la collecte et le traitement de l'eau, équipements de pompage, systèmes d'irrigation, produits manufacturés, transfert et stockage de l'eau, etc.;
- coûts de conception et de développement de la réutilisation de l'eau;
- coûts d'opportunité;
- coûts environnementaux tels que la pollution des eaux souterraines et des sols.

3.5. Quantification et évaluation des coûts et des avantages du projet de réutilisation des eaux non conventionnelles

L'approche sous-régionale de l'ACB pour les projets de réutilisation des ENC comparera les coûts et les bénéfices en utilisant une mesure commune et générera une estimation des impacts pertinents (coûts et bénéfices) en unités monétaires. Le principe consiste à évaluer les impacts en termes de coût social marginal ou de bénéfice social marginal. En d'autres termes, le coût social marginal mesure le coût d'opportunité de la production d'un bien ou d'un service, tandis que le bénéfice social marginal représente la volonté marginale de payer des consommateurs pour ce bien ou ce service.

Les prix du marché des systèmes de traitement de l'eau et d'irrigation fournissent une grande quantité d'informations sur l'ampleur des coûts et des avantages. En général, le prix peut être considéré comme une mesure de la valeur accordée par les utilisateurs finaux au bien ou au service. Les prix des intrants reflètent généralement la valeur que les utilisateurs alternatifs de ces intrants leur accordent. Cependant, les prix réels doivent parfois être ajustés pour convertir les coûts et les avantages privés en coûts et avantages sociaux, c'est-à-dire en coûts et avantages qui reflètent les gains et les pertes pour l'économie dans son ensemble, plutôt que pour des personnes ou des groupes individuels.

3.6. Calcul de la valeur actuelle nette sans les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles

Les principaux indicateurs de performance pour l'analyse coûts-bénéfices de la réutilisation des ENC sont la valeur actuelle nette (VAN), le taux de rentabilité interne (TRI), le rapport coûts-avantages (RCA) et le temps de récupération (TR).

Pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles, la quantification des coûts et des avantages dépend de preuves fiables d'études techniques détaillées relatives à la collecte des eaux non conventionnelles, aux usines de traitement et aux systèmes d'irrigation. Il faut accorder plus d'attention aux hypothèses de tarification qui sous-tendent les études de faisabilité. Considérant que la prévision est une partie essentielle du processus d'évaluation des coûts et des bénéfices, ceux-ci doivent être estimés pour toute la période des projets de réutilisation des eaux non conventionnelles. Les techniques économétriques sont largement utilisées à des fins de prévision.

Il est fortement recommandé d'éviter toute surestimation du taux de croissance des bénéfices et toute sous-estimation du taux de croissance des coûts.

Les coûts et avantages intangibles qui ne peuvent être quantifiés doivent être présentés au décideur avec des informations descriptives appropriées pour être inclus comme variables quantifiables dans le processus de prise de décision.

Il est possible de quantifier certains coûts et bénéfices en unités physiques mais pas de les exprimer en termes monétaires (par exemple, les effets de la pollution des eaux usées traitées sur les sols et les cultures). En outre, il est nécessaire de prendre en compte le coût du projet de réutilisation des ENC et les coûts des processus nécessaires de collecte et d'analyse des données relatives à toutes les composantes du projet de réutilisation des ENC.

3.7. Élaboration d'un test de sensibilité à l'incertitude pour les projets de réutilisation des eaux non conventionnelles

L'examen des changements obtenus par l'approche sous-régionale de l'ACB pour les projets de réutilisation des ENC se fait en fonction des variations des données d'entrée, des hypothèses ou de la préparation de l'analyse. L'élaboration de l'analyse de sensibilité, qui est une méthode d'analyse de la sensibilité, doit

typiquement être effectuée lorsque les paramètres suivants varient:

- taux de mise à jour;
- quantité physique et qualité des données d'entrée et de sortie;
- prix fictifs de ces données d'entrée et de sortie;
- durée du projet.

Les données d'entrée et de sortie d'une étude coûts-avantages doivent être préparées à l'aide d'un tableur informatique. L'utilisation de tableurs permet à l'analyste de stocker de grandes quantités de données d'entrée, d'effectuer des calculs rapidement et de réaliser facilement des tests de sensibilité. Surtout, les tableurs permettent de présenter les résultats de manière complète et conviviale. Les principaux coûts et avantages doivent toujours être présentés avec les résultats clés sur une seule page.

4. CAS DE L'ALGÉRIE

4.1. Projet pilote de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles

4.1.1. Justification

Le choix de réaliser le projet de REUT dans la wilaya de Boumerdès repose sur de nombreux facteurs basés, d'une part, sur la volonté politique du Gouvernement de s'attaquer au stress hydrique devenu désormais un facteur structurel compte tenu du changement climatique et, d'autre part, de rentabiliser d'importants investissements consentis par l'État pour la réalisation d'ici 2030 de près de 250 STEP comme le prévoit le PNE. Il faut cependant signaler, à ce niveau, que la conception desdites STEP n'intégrait pas jusqu'à récemment la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, d'où la nécessité de consentir des investissements supplémentaires pour connecter les STEP aux périmètres agricoles voisins pour ne pas compromettre à terme la rentabilité économique des projets initiés.

Le choix de la STEP de Boumerdès et des deux agriculteurs utilisant les eaux usées épurées repose sur le souhait des services qualifiés du MRE d'une STEP située hors bassins versants de barrages et d'éviter des déplacements intempestifs sur le terrain en raison de la pandémie de covid-19. Cette STEP, pour laquelle des données étaient disponibles, répondait à ces critères.

4.1.2. Présentation du projet

Le projet se situe dans la wilaya de Boumerdès (à environ 30 km à l'est de la métropole algéroise) qui recèle des potentialités agricoles avérées avec plus de 99 000 ha de superficie agricole utile (SAU) dont 5 000 ha de terres classées à haut potentiel, et compte pas moins de 20 100 exploitations agricoles. Pour ce qui est de sa contribution à l'alimentation du marché national en produits agricoles, la wilaya occupe depuis plusieurs années, la première place au niveau national en matière de production de vigne de table avec une production moyenne de plus de 2 millions de tonnes/an et se classe au huitième rang en matière de production maraîchère et agrumicole. La STEP se trouve dans un bas fond sur la rive gauche de l'oued Tatareg sur le chemin reliant Boumerdès à Corso puis vers Alger. Elle s'étend sur une superficie de 3 hectares et a été conçue pour protéger le littoral méditerranéen de la wilaya de Boumerdès.

A) CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA STEP

Elles sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau 10. Principales caractéristiques techniques de la STEP de Boumerdès

Désignation	Valeurs
Mise en service	Janvier 2001
Type de traitement	Épuration biologique à boues activées à faible charge
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Urbaines
Population raccordée	75 000 eq/hab
Charge hydraulique	
Débit nominal	15 000 (m ³ /j)

Désignation	Valeurs
Débit moyen journalier	6 250 (m ³ /j)
Débit moyen horaire	26,04 (m ³ /h)
Débit de pointe temps sec	1 063 (m ³ /h)
Débit de pointe temps de pluie	1 944 (m ³ /h)
DBO5 journalière	4 050 (kg/j)
MES journalières	5 250 (kg/j)

Source: FAO, 2020.

On notera que la station réalise un traitement secondaire depuis 20 ans et rencontre de nombreuses contraintes liées à la maintenance et au renouvellement des équipements, notamment les pompes immergées qui sont très largement amorties mais toujours en service par manque de budget dédié aux électropompes et aux différentes pièces détachées. Néanmoins, grâce à la mise en place d'un atelier de maintenance performant et à un personnel motivé, de nombreuses pompes ont été rénovées localement.

Néanmoins, il est urgent et indispensable de prévoir un budget de renouvellement des principaux équipements pour assurer le fonctionnement normal et permanent de la station qui travaille à flux tendus, et qui constitue un nœud névralgique car cette dernière collecte l'eau de nombreuses agglomérations de la wilaya. Enfin, il est à remarquer que les boues ne sont pas utilisées à l'heure actuelle car il n'existe pas de réglementation en la matière, ce qui occasionne beaucoup de tracas aux responsables de la station pour leur stockage et leur éventuelle valorisation.

Le processus utilisé est l'épuration biologique à boues activées à faible charge, soit donc un traitement secondaire. La population raccordée s'élève à 75 000 eq/hab et la station a atteint sa capacité nominale de 15 000 m³/j et l'a même dépassée en été avec 21 000 m³/j enregistrés. En revanche, en 2020, la capacité n'a été que de seulement 11 260 m³/j, étant donné qu'il n'y a pas eu de saison estivale en raison de la covid-19.

B) FONCTIONNEMENT

En plus des effluents urbains de la ville de Boumerdès et de ceux de Tidjelabine qui arrivent par gravité, la station est connectée à pas moins de huit stations de relevage (voir le schéma directeur d'assainissement de Boumerdès ci-dessous) qui quadrillent une grande partie des communes possédant une façade maritime (Corso, Tidjelabine, Boumerdès, Thenia et Zemmouri). La STEP reçoit les effluents des autres agglomérations via une station de relevage principale (SR3), qui reçoit également les eaux usées des huit autres stations évoquées plus haut. Il est à noter au niveau de la SR3 la présence d'un dégrilleur pour les gros déchets solides.

L'effluent de Tidjelabine arrive vers la station par gravité et les gros déchets solides sont éliminés par un panier dégrilleur. Enfin, il faut souligner que la STEP dispose d'une installation de désinfection chimique (chloration) qui n'est pas fonctionnelle actuellement en raison de problèmes techniques rencontrés lors de la mise en service de cette station. En effet, d'après la responsable technique de la station, deux raisons ont motivé cette inutilisation: la dangerosité en raison de l'utilisation du chlore sous forme gazeuse et le manque d'engouement des agriculteurs pour la REUT.

C) CAPACITÉS

En 2020, le volume des eaux usées épurées a été de 4 124 263,50 m³, en très forte baisse par rapport à 2018 (8 150 168 m³) en raison de l'annulation de la saison touristique estivale pour cause de covid-19.

La REUT s'est élevée à 305 695 m³, soit 7,4 pour cent du volume traité en 2020. Le volume réutilisé à des fins agricoles a sensiblement baissé en 2020 par rapport à 2018 (328 200,9 m³) alors qu'en proportion il a augmenté, passant de 4 à 7,4 pour cent.

Par agriculteur et à titre d'illustration, il a été enregistré en 2020 les résultats suivants:

- Agriculteur 1: 26 432 m³ d'eau utilisés (soit 0,64 pour cent du volume épuré) pour irriguer 4 ha d'agrumes soit 6 608 m³ /ha/an.

- Agriculteur 2: 279 263 m³ d'eau utilisés (soit 6,77 pour cent du volume épuré) pour irriguer 22 ha d'agrumes soit 12 694 m³/ha/an.

Au total, 26 ha auront été irrigués en 2020 à partir de la STEP de Boumerdès alors que le volume disponible aurait pu irriguer théoriquement 687 ha en irrigation intégrale (6 000 m³/ha/an). En 2018, cette surface aurait pu être le double mais cela aurait nécessité des investissements non négligeables pour connecter la station avec les périmètres agricoles qui se trouvent à des distances relativement éloignées.

Dans ce cadre, il est à signaler que la Direction des ressources en eau (DRE) de Boumerdès est en train de réaliser une étude pour irriguer près de 202 ha relativement éloignés du site de la STEP. En effet, ce projet nécessitera une conduite d'amenée de près de 14 km, une station de relevage avec ses équipements ainsi que deux bassins de stockage de 5 000 m³ chacun pour le stockage et la régulation des eaux épurées et traitées à proximité des exploitations agricoles concernées.

En outre, il est à signaler que, d'après les responsables des services agricoles et des ressources en eau de la wilaya, quatre agriculteurs (trois à Zemmouri et un à Thenia) ont sollicité leurs services pour leur demander de pouvoir utiliser les eaux de la station à des fins d'irrigation. Enfin, il est à noter que cet intérêt de la part des agriculteurs est lié à la relative raréfaction de l'eau d'irrigation dans certaines communes de la wilaya de Boumerdès.

D) PARAMÈTRES GLOBAUX DES EAUX USÉES ÉPURÉES

Les paramètres globaux permettent à la fois d'avoir les principaux indicateurs nécessaires à l'estimation des superficies pouvant être irriguées (ETP, besoins et disponibilités en eau), la qualité de l'eau épurée ainsi que son apport en matières organiques (azote, phosphore, potassium [NPK]).

L'ensemble des paramètres sont en deçà des valeurs guides édictées par l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, avec néanmoins une valeur mesurée de 1 302 µS/cm pour la conductivité électrique, ce qui dénote une faible salinité sans limiter pour autant l'éventail des cultures à cultiver pour ce paramètre même si cela peut cependant influencer légèrement sur le rendement obtenu. En tout état de cause, cette valeur mesurée est très inférieure à la valeur guide de 3 000 µS/cm de l'arrêté interministériel.

E) PARAMÈTRES DE TOXICITÉ

Les micropolluants minéraux (toxiques ou non), et notamment les traces métalliques, proviennent des produits consommés par la population et des matériaux utilisés dans les réseaux.

Les paramètres de toxicité enregistrés (aux sorties des bassins de stockage) sont tous inférieurs aux valeurs cibles, excepté pour le cadmium. Les valeurs guides reportées dans le tableau ci-dessus sont reprises de l'arrêté interministériel de 2012. Après un séjour des eaux usées épurées dans les bassins de stockage, les valeurs de certains métaux lourds ont fortement baissé à l'image du cuivre et du cadmium. Il est probable qu'une partie des éléments-traces métalliques sont probablement complexés par la matière organique et donc éliminés de la solution biodisponible, d'où l'intérêt des bassins d'affinage des eaux usées épurées. Ces paramètres sont néanmoins à surveiller de près et doivent être analysés régulièrement pour leurs effets sur la population et sur l'environnement, et notamment sur les plantes cultivées. En effet, ils peuvent ralentir l'humidification de la matière organique (MO) du métabolisme de l'azote tout comme ils peuvent enrichir le sol en éléments minéraux. Le comportement de chaque métal dépend des types de liaison avec les constituants du sol et de son aptitude à être absorbé par la végétation.

F) PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES

• Paramètres parasitologiques

Les eaux usées contiennent une grande variété de microorganismes pathogènes (helminthes, protozoaires, virus et bactéries) qui sont les vrais risques sanitaires pour la santé humaine. C'est ainsi que l'OMS dans ses directives de 2012 sur l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères a mis en place des normes très strictes en la matière pour protéger la santé des populations.

Les analyses à la sortie des bassins de stockage nous montrent qu'il n'y a pas de présence de microorganismes pathogènes dans l'eau traitée épurée de la station qui a subi un traitement secondaire

et qui permet par conséquent de cultiver les productions permises par l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Il s'agit essentiellement des arbres fruitiers, des cultures et arbustes fourragers, des cultures céréalières et industrielles ainsi que des arbres forestiers et des plantes florales et ornementales.

• Paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques sont réalisées sur les eaux usées des bassins de stockage. Les résultats obtenus proviennent de 14 petits puits et 24 grands puits, ce qui correspond d'après la table du nombre le plus probable (NPP) à 52 UFC/100 ml. Ces concentrations sont conformes à la valeur guide de l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012 sur le nombre de coliformes fécaux requis pour l'irrigation des cultures.

G) ESTIMATION DES APPORTS EN NUTRIMENTS

Tableau 11. Quantification des apports en eau et nutriments de la STEP de Boumerdès

Paramètres	Quantité	Unité
Apport en eau	1 861 500	m ³ /an
Apport en azote total	30,53	tonnes/an
Apport en phosphore total	9,86	tonnes/an
Potassium	11,54	tonnes/an

Source: FAO 2020.

Ces apports contenus dans le rapport cité ci-dessus en référence sont assez anciens car le volume total d'eau disponible indiqué était de 1 861 500 m³. Pour le débit annuel de 2020 qui a été de 4 124 263,50 m³, il convient de multiplier par 2 ces apports, et pour une année normale (sans covid-19) comme 2018, année durant laquelle le volume total a été de 8 150 000 m³, il faut multiplier par 4,5 soit: 137, 38 tonnes d'azote, 44,37 tonnes de phosphore et 51,93 tonnes de potassium.

H) PRÉSENTATION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE PILOTE

Comme indiqué plus haut, seuls deux agriculteurs utilisent les eaux usées épurées depuis la STEP de Boumerdès. L'un des deux a été éliminé car il ne répondait pas à l'objectif de l'étude qui est de mettre en place un projet pilote portant sur l'utilisation des eaux usées épurées en tenant compte des dimensions sociales, économiques, écologiques et opérationnelles. En effet, cet agriculteur s'est engagé dans un projet orienté vers le développement de l'engraissement de taurillons et leur transformation (abattoir).

Le second (M. Hamid Rahmoune), en revanche, développe un projet orienté vers la vigne de table avec des techniques modernes de production (pergola et goutte à goutte).

Les principales caractéristiques ainsi que la localisation de l'exploitation pilote figurent dans ce qui suit:

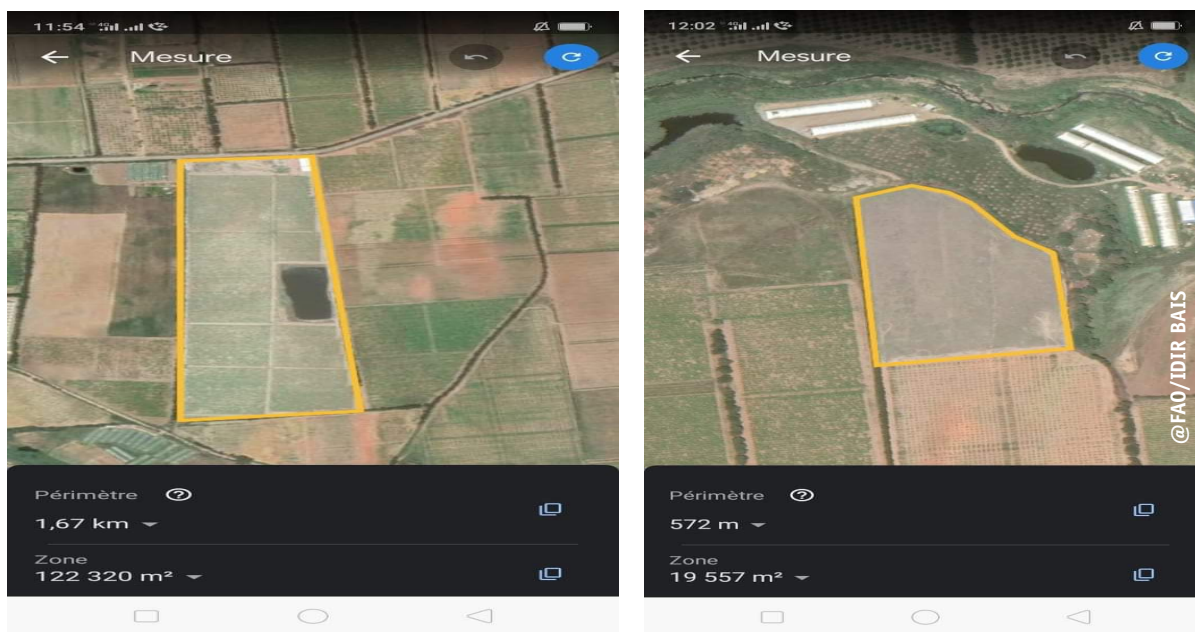
- **Superficie totale de l'exploitation:** 36 ha.
- **Occupation du sol actuellement:** 33 ha de vigne de table menés en pergola, variétés Red globe et Dabouki (dite Sabel) et 2 ha de terres nues non cultivées plus environ 1 ha de dépendances (pistes, bassin de stockage et de régulation, hangar pour le matériel, autres).

Figure 14. Exploitation de vigne de table en pergola sise à Corso, wilaya de Boumerdès



- **Mode d'irrigation:** il utilise le goutte à goutte à partir des eaux usées épurées de la STEP de Boumerdès ramenées avec une autre exploitation agricole contiguë sur une distance de 6 km à leurs frais. Il est à noter qu'il possède un petit bassin de stockage (dont l'agrandissement a été intégré dans le projet) pour pallier les détériorations intempestives de la conduite d'amenée qui est souvent détériorée et peut nécessiter des réparations plus ou moins longues, susceptibles de perturber la fréquence d'irrigation qui est d'un jour sur deux, en alternance avec le second agriculteur évoqué ci-dessus.
- **Localisation:** l'exploitation se trouve dans la commune de Corso, à proximité du littoral méditerranéen, dans la wilaya de Boumerdès.

Figure 15. Plan parcellaire de l'exploitation agricole pilote



Le choix des trois scénarios retenus est basé, d'une part, sur l'utilisation quasi exclusive des eaux usées épurées, et d'autre part, sur la situation actuelle de l'exploitation avec ses points forts et ses contraintes ainsi que son potentiel à devenir un projet pilote dans ses dimensions économique, sociale, environnementale et opérationnelle. Enfin, il a été également tenu compte des conditions spécifiques du pays où l'eau agricole est généralement gratuite, et seule l'énergie qui sert à la puiser est payée à un prix très fortement subventionné.

- Scénario 1: il consistera en l'évaluation financière d'une exploitation type, ayant 33 hectares de vignoble et utilisant des eaux épurées de la station sise à six kilomètres de ladite exploitation. Pour ce faire, deux variantes ont été envisagées:
 - Dans un premier cas, la situation demeure telle qu'elle est, avec des détériorations sur l'amenée d'eau de la STEP à l'exploitation sur une distance de 6 km, ce qui ne permet pas de disposer régulièrement de l'eau pour l'irrigation comme il est souhaitable, en particulier durant la saison estivale.
 - Dans le second cas, il est prévu l'extension des capacités du bassin de stockage et de régulation pour atteindre 33 600 m³ (soit 11 pour cent environ du volume d'eau utilisé actuellement) afin de régulariser et sécuriser les approvisionnements en eau.
- Scénario 2: il s'agit d'une reprise du scénario 1, avec une extension de deux hectares de vigne, correspondant à la part de SAU non encore utilisée et donc valorisée. Ce scénario est également envisagé avec ses deux variantes. Le premier cas intègre l'extension de deux hectares de vigne de table mais sans bassin de stockage et de régulation. Le deuxième cas intègre l'extension de 2 ha de vigne de table et l'extension du bassin.
- Scénario 3: il s'agit également d'une reprise du scénario 1, mais avec la mise en place d'une culture de pommes de terre (ou de tomates) sur les deux hectares de SAU disponibles et toujours selon deux variantes: avec et sans bassin. Il est à noter que, dans ce cas, la STEP mettrait à disposition de l'exploitation agricole l'eau épurée après traitement tertiaire, puisqu'il s'agit d'une culture maraîchère. Il faut rappeler que, comme indiqué plus haut, les services de la DRE ont lancé une étude pour l'extension à 202 ha de superficies irriguées à partir des eaux usées épurées avec un traitement tertiaire qui sera réalisé à l'aide de rayonnement ultra-violet.

4.1.4. Analyse de rentabilité

La synthèse des résultats de l'analyse financière obtenue selon les trois scénarios envisagés est présentée dans le tableau suivant. Le détail des calculs figure dans l'annexe numérique jointe au présent rapport.

Tableau 12. Résultats de l'analyse financière selon les trois scénarios envisagés

Scénarios	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3	
	33 ha vignoble	33 ha vignoble	33 ha vignoble	33 ha vignoble	33 ha vignoble	33 ha vignoble
Bassin	sans	avec	sans	avec	sans	avec
eau	STEP gratuite		STEP gratuite		STEP gratuite	
			+ 2 ha vigne		+ 2 ha de PDT	
TRI	31.8%	31.8%	31.8%	31.6%	32,-%	31.6%
Eau facturée						
STEP 1 DA/m³	31.5%	31.5%	31.6%	31.4%	31.7%	31.4%
Forage 2,5 DA/m³	31.1%	31.1%	31.2%	31,-%	31.3%	31,-%
Flux Financiers	→		+ 4,- MDA/an	→		+ 0,9 MDA/an
		→		+ 4,5 MDA/an	→	+ 0,2 MDA/an
Consommation d'eau par l'exploitation/an	279,263	297,000	296,188	315,000	290,263	308,000

Le sol sera occupé dans les trois scénarios par 33 ha de vignoble, dans le scénario 2 par deux hectares supplémentaires de vigne, et dans le scénario 3 par deux hectares de pomme de terre.

Dans le tableau ci-dessus, nous retrouvons pour chaque scénario le scénario «sans bassin» et le scénario «avec bassin». Les réflexions pour chaque scénario et les variantes étudiées sont les suivantes:

• SCÉNARIO 1

Le TRI se situe à 31,8 pour cent pour les deux variantes (avec ou sans bassin de stockage et de régulation), ce qui permet de couvrir aisément les charges et coûts d'investissement pourtant assez élevés (1 ha de pergola revient tout compris à 1,2 million de dinars algériens [DZD]) par les produits de l'exploitation. Il est à noter que la vigne de table bénéficie en général d'un prix de vente rémunérateur, notamment la Red Globe, variété introduite récemment en Algérie et appréciée des consommateurs.

On notera également qu'il y'a pas de grandes différences entre les deux variantes en termes de TRI malgré un investissement non négligeable dans l'extension des capacités de stockage du bassin mais les produits couvrent très largement les charges. En effet, il est à souligner que, dans le deuxième cas, la régularité d'approvisionnement en eau était perturbée surtout en été, et que l'extension et l'imperméabilisation du bassin de 33 000 m³ vont accroître sensiblement les rendements (de 11 à 12 pour cent) du fait que la vigne ne va pas manquer d'eau.

En outre, pour les deux variantes, il est possible d'affirmer qu'il s'agit d'un projet durable car il n'utilise quasiment que de l'eau non conventionnelle d'où une économie de près de 300 000 m³/an d'eaux souterraines et/ou superficielles pour une seule exploitation. Des économies d'eau seront également réalisées sur la parcelle puisque le mode d'irrigation goutte à goutte a été généralisé à l'ensemble de l'exploitation, ce qui permet d'avoir une efficacité maximum et une infiltration quasi nulle d'éléments pouvant éventuellement polluer la nappe phréatique. Des économies sont également réalisées en matière d'énergie fossile et il y a moins d'émissions de carbone que s'il fallait pomper de l'eau à partir d'un forage ou la propulser l'eau depuis un barrage.

Par ailleurs, il est à signaler que l'eau à usage agricole est quasiment gratuite excepté dans les grands périmètres irrigués (GPI), même si bien souvent l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID) a beaucoup de mal à recouvrer ses redevances auprès des agriculteurs.

Malgré cette gratuité hors GPI qui est la règle, puisque ces derniers périmètres ne représentent que 80 000 ha et le reste est le fait de la petite et moyenne hydraulique (PMH) qui représente 1 320 000 ha, nous avons simulé une analyse de rentabilité avec deux niveaux de prix de l'eau. C'est ainsi que nous avons utilisé deux prix: 1 DZD/m³ ce qui correspond au niveau de prix qui pourrait être appliqué prochainement une fois le système des subventions indirectes revisité et 2 DZD/m³ qui est le prix facturé par l'ONID pour les GPI.

Les résultats de cette analyse montrent que, même si on passait à une facturation de l'eau conventionnelle présentée ci-dessus, le TRI ne baisserait que de 7 pour cent en moyenne mais reste à un niveau rémunérateur et ne met nullement l'exploitation en danger financier. Il faudrait, de notre point de vue, sans doute facturer l'eau au moins à 5 DZD/m³ environ pour rendre l'avantage comparatif avéré en faveur des eaux usées traitées et ainsi susciter l'engouement des agriculteurs dans toutes les régions où cette ressource est disponible.

Enfin, il faut noter que, du point de vue social, ce projet est pourvoyeur de main-d'œuvre avec, en moyenne, 175 journées de travail/ha/an pour la vigne de table, ce qui est appréciable en matière de création d'emplois par rapport à de nombreuses filières agricoles, notamment les grandes cultures. Mais il faut préciser que l'utilisation des eaux usées épurées requiert une bonne protection du personnel actif au niveau de l'exploitation, ce qui engendre quelques frais supplémentaires mais qui sont infinitésimaux par rapport à la marge brute dégagée à l'hectare. De plus, le système de goutte à goutte aérien utilisé pour la pergola ne permet que très peu de contact entre le travailleur agricole et l'eau usée traitée.

• SCÉNARIO 2

Ce scénario inclut 2 ha de vignes supplémentaires avec, là aussi, deux variantes: avec et sans bassin. Il est à constater que l'extension de 2 ha de vignoble n'apporte pas de rentabilité supplémentaire au projet mais ne la réduit pas non plus, même si l'investissement à l'hectare est conséquent (1,2 million de DZD tout compris). On notera cependant que, par rapport au premier scénario, il y a d'importants flux financiers évalués respectivement à 4 et 4,5 millions de DZD selon le cas.

Il est à noter que la variante 2 du scénario est celle qui, de tous les scénarios, utilise le plus de ressources en eau. Outre les économies réalisées en matière d'énergie fossile et d'émissions de carbone, les investissements sont moins élevés que pour un forage, une retenue collinaire sans même parler d'un barrage.

Un autre aspect non négligeable, valable pour tous les scénarios, est l'apport en nutriments azotés, phosphoriques et potassiques des eaux usées épurées évoqué précédemment dans le tableau 7. Appliqué au volume d'eau utilisé annuellement pour l'irrigation, soit 300 000 m³/an, cela donne des apports de 4,8 tonnes d'azote, 1,6 tonne de phosphore et 1,9 tonne de potassium, soit au total 8,3 tonnes d'éléments fertilisants. Ainsi, sur la base du prix moyen de 120 000 DZD pour une tonne d'engrais chimique, cela permettrait d'économiser 1 million de DZD/an auquel il faut rajouter des économies non négligeables d'énergie fossile servant à leur fabrication ainsi que la réduction d'émissions de carbone.

Ce scénario permet de créer 350 journées de travail supplémentaires/an ce, qui correspond à environ 1,5 unité de travail homme (UTH).

Enfin, si l'on appliquait une hypothétique facturation de l'eau en 2022 de 1 DZD/m³ pour les eaux usées épurées, et de 2,50 DZD/m³ dans l'hypothèse d'une utilisation d'une eau de forage ou de barrage, on constate une réduction des TRI, mais cela ne met nullement l'exploitation en danger financier avec des TRI selon les deux variantes de 31,6, 31,4, 31,2 et 31 pour cent respectivement.

• SCÉNARIO 3

Outre les avantages économiques, écologiques et sociaux du scénario 1 évoqués plus haut, le scénario 3 va permettre une diversification des productions de l'exploitation qui est actuellement essentiellement viticole en introduisant une culture maraîchère, la pomme de terre ou la tomate qui sont bien adaptées pour la région. Il est à noter que cette introduction est motivée par le souci de sortir de la situation actuelle où l'utilisation des eaux usées épurées est cantonnée aux cultures pérennes (viticulture et agrumes) et de la développer en direction des cultures maraîchères, ce qui va à coup sûr susciter plus d'intérêt des agriculteurs si la facturation devait être revue à la hausse. C'est ainsi que notre choix, en

liaison avec l'agriculteur, s'est porté sur la culture de la pomme de terre car il s'agit d'un produit de grande consommation qui vient juste après les céréales. La culture possède également une rentabilité économique élevée dont le TRI, pour la variante sans bassin, est le plus élevé (32 pour cent) des trois scénarios étudiés. En outre, c'est une production aussi pourvoyeuse d'emplois que la viticulture voire plus, et elle peut être écoulee de surcroît sur place du fait de la proximité des centres de consommation (ville de Corso et Boumerdès).

On notera enfin que les flux financiers sont moins importants que pour le scénario précédent avec respectivement + 0,9 et + 0,2 million de DZD pour les variantes 1 et 2 en raison d'investissements bien moins importants pour la culture de la pomme de terre qui est une culture annuelle par rapport à la viticulture qui est une culture pérenne onéreuse, surtout si elle est conduite sous pergola et au goutte à goutte.

4.1.5. Scénario optimum

Le scénario 3 variante 2 avec bassin paraît être le scénario optimum, et ce, pour des considérations économiques, écologiques, sociales et opérationnelles. En effet, du point de vue économique, sa rentabilité est équivalente au scénario 2 et très légèrement inférieure au scénario 1 avec un TRI de 31,6 pour cent. Du point de vue écologique, il est équivalent aux variantes 2 des autres scénarios, et du point de vue social, équivalent ou légèrement supérieur au scénario 2, notamment en matière de création d'emplois. En outre, il faut relever que le scénario 3 variante 2 va débloquent effectivement l'utilisation des eaux usées épurées à large échelle, à condition bien entendu que l'on procède aux réformes portant sur la tarification de l'eau et de l'énergie.

En effet, la facturation des eaux de forage et de barrage et la non facturation ou une facturation symbolique des eaux épurées seraient à même d'inciter des agriculteurs à utiliser ces dernières et de préserver les ressources conventionnelles souterraines ou superficielles aux coûts très élevés.

Sur un autre volet, ce scénario permet d'irriguer les productions qui ne peuvent être menées totalement en mode pluvial comme la pomme de terre alors que la vigne dans le nord du pays peut n'être que partiellement irriguée. Effectivement, l'irrigation de la vigne dans cette exploitation est une irrigation d'appoint qui s'étale en moyenne de mai à août, selon le niveau pluviométrique de l'année.

Enfin, l'introduction de la pomme de terre va permettre d'améliorer légèrement l'approvisionnement de la wilaya en produit de grande consommation et, pour l'exploitant, de limiter très sensiblement le risque phytosanitaire et/ou économique lié à la monoculture viticole.

4.1.6. Plan d'investissement

• LOCALISATION ET CONSISTANCE DU FUTUR PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ

Les terres agricoles du futur périmètre irrigué sont implantées dans la commune de Tidjelabine. Celle-ci est située à 3km environ au sud du chef-lieu de la wilaya. Le périmètre comprend 76 exploitations agricoles totalisant une superficie agricole de près de 202 ha. Du point de vue juridique, ces exploitations appartiennent au domaine privé de l'Etat et sont actuellement sous le régime de la concession. Ledit périmètre compte également des exploitations agricoles de statut privé.

En premier lieu, il faut préciser que ce projet est porté conjointement par le Ministère des ressources en eau (MRE) par le biais de sa Direction des ressources en eau de la wilaya (DREW) qui est le donneur d'ordre de l'étude en cours, et la Direction des services agricoles de la wilaya (DSA) qui en sera le bénéficiaire pour le compte des agriculteurs concernés.

Il faut également noter que l'étude de ce périmètre est dans sa phase d'avant-projet sommaire (APS) mais que nous pouvons néanmoins donner une évaluation financière succincte (sous réserve de modifications postérieures éventuelles) des montants des ouvrages et équipements hydrauliques à réaliser. Pour ce qui est des investissements immatériels, il s'agira d'une estimation sommaire fondée sur la consistance du périmètre et sur les contraintes inhérentes à la mise en œuvre opérationnelle du projet sur le terrain.

Enfin, il faut noter que ce projet intègre un traitement tertiaire qui est détaillé ci-dessous.

• **OBJECTIF DU TRAITEMENT TERTIAIRE**

Le traitement par rayonnement ultra-violet qui est préconisé dans ce projet a été retenu sur la base d'une analyse comparative des avantages coûts-bénéfices technico-économiques des traitements par chloration-déchloration, radiation ultra-violette et lagunage.

L'objectif de ce traitement est «de réduire les concentrations de l'eau à la sortie de la clarification en matière en suspension et micro-organismes» et, partant, de la protection des exutoires naturels et aussi d'offrir un éventail de cultures plus large pour les agriculteurs se trouvant au niveau dudit périmètre.

• **PLAN D'INVESTISSEMENT**

• **Ouvrages et équipements**

Rubriques	Consistance physique	Consistance financière totale (milliers de DZD)	Observations
Station de pompage	1 500 m ³ /j	20 000	Elle se compose de trois pompes (dont une de secours en stand-by) et sera située à côté de la STEP.
Conduites en PEHD de PN 10 vers les bassins de stockage de Ø 400 mm	13 380 ml	22 122	Fourniture et pose
Réservoir de tête n° 1	200 m ³	5 919	Écoulement gravitaire
Réservoir de tête n° 2	80 m ³	3 340	Écoulement gravitaire
Bassins de stockage semi-enterrés	5 000 m ³ /bassin	3 000	Le volume de 10 000 m ³ correspond à une journée de stockage.
Génie civil et équipements UV	-	27 414	Il s'agit des frais de génie civil et d'achat des lampes UV.
Exploitation et entretien	-	5 736	Il s'agit des coûts d'exploitation et d'entretien (énergie, frais de gestion, de renouvellement et de maintenance des équipements.
Total 1		87 831	Soit: 655 455 USD (1 USD = 134 DZD selon le taux de change au 20 avril 2023)

Source: DRE de la wilaya de Boumerdès.

• **Actions immatérielles**

Rubriques	Consistance physique	Consistance financière totale (milliers de DZD)	Observations
Renforcement des capacités des agriculteurs	80	800	Tous les agriculteurs du périmètre irrigué suivront des formations régulières en matière d'utilisation des EUE et des règles de protection sanitaire.
Sensibilisation à l'aide de tous supports (dépliant, radio, vidéo, film) sur l'utilisation des EUE et sur les mesures de protection sanitaire	Forfait	1 000	Les budgets de communication des ministères concernés (agriculture, ressources en eau, santé, culte...) et de la wilaya seront également mis à contribution.
Séance de démonstration sur l'utilisation des EUE et sur les mesures de protection au niveau des parcelles de démonstration	Forfait	500	Des parcelles de démonstration auprès des agriculteurs seront mises en place pour vulgariser in situ les mesures de protection sanitaire à mettre en œuvre.
Mis en place d'un dispositif de suivi-évaluation, notamment pour le suivi sanitaire des agriculteurs	Forfait	100	
Analyse des eaux usées traitées au niveau agriculteurs	Forfait	500	
Imprévus	10 %	290	
Total 2		3 190	Soit: 23 805 USD
TOTAL GÉNÉRAL (1+2)		91 021	Soit: 678 261 USD

Sur la base de l'étude citée à la fin du premier tableau ci-dessus et de notre propre évaluation figurant dans le deuxième tableau, et sous réserve de modification ultérieure, car il s'agit de l'étude d'avant-projet sommaire (APS), le plan d'investissement s'élève à 91 021 000 DZD soit, au cours de change d'avril 2023, à 678 261 USD.

À cette évaluation, il faut rajouter les mesures d'accompagnement et d'encadrement indispensables à la réussite de ce projet. Il s'agit notamment de:

- La révision de la réglementation en vigueur, et notamment des arrêtés interministériels du 2 janvier 2012 qui fixent respectivement les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins agricoles et la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.
- La revue de la tarification de l'eau afin que les eaux usées épurées puissent avoir un avantage comparatif par rapport aux eaux conventionnelles, surtout que le projet prévoit un traitement tertiaire par rayonnement UV qui permet aux agriculteurs un éventail de cultures plus large et une meilleure protection sanitaire.
- Mettre en place une législation et une réglementation relatives à l'utilisation des boues qui sont produites en grandes quantités et qui actuellement sont mises en décharge de façon quasi systématique d'après les responsables concernés et ne sont de ce fait pas valorisées.
- Promouvoir la création d'associations ou de syndicats d'irrigants utilisant les EUE.
- Soutenir d'une manière spécifique l'équipement en systèmes d'irrigation localisés au niveau des périmètres utilisant des EUE.

4.1.7. Principales améliorations apportées au site pilote

Les principales améliorations portent sur les infrastructures et équipements mentionnés précédemment dans l'avant-projet sommaire de l'étude de faisabilité initiée par la DRE, en concertation avec la DSA de la wilaya de Boumerdès, et sont les suivantes:

- Le nombre d'agriculteurs pratiquant l'irrigation à partir des eaux usées épurées (traitement secondaire réalisé au niveau de la STEP) passe de deux pour une superficie totale de 26 ha en 2020 à 76 pour un nouveau périmètre irrigués de 202 ha, soit près de 10 fois la superficie initiale.
- La ressource en eau est sécurisée, stockée et régulée, d'une part, par une conduite d'amenée de la STEP vers le périmètre agricole sur une distance de près de 14 km et, d'autre part, par la construction de réservoirs de tête de respectivement 200 et 80 m³ ainsi que de deux bassins de stockage et de régulation de 5 000 m³ chacun.
- Un traitement tertiaire sera réalisé au niveau de la STEP, ce qui devrait permettre à terme le registre des cultures possibles et, en principe, des risques sanitaires moindres pour les agriculteurs.
- Un renforcement des capacités des agriculteurs localisés dans le périmètre, y compris à l'aide de sites de démonstration, en matière d'utilisation sécurisée des eaux usées traitées.
- La réalisation régulière de campagnes de communication et de sensibilisation en direction des agriculteurs, techniciens et ingénieurs en charge de ce projet.

La mise en place d'un dispositif de suivi-évaluation pour valoriser les acquis et, le cas échéant, apporter des modifications si nécessaire.

4.2. Projet pilote de réutilisation des eaux de drainage à des fins agricoles

Les principales caractéristiques ainsi que la localisation de l'exploitation retenue (palmeraie) sont les suivantes:

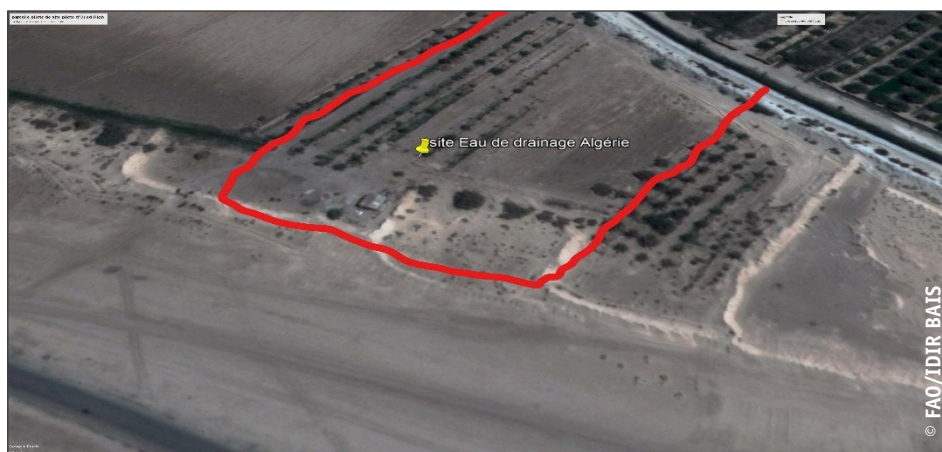
4.2.1. Justification

Le choix de l'exploitation est fondé sur une analyse multicritère et sur une approche participative des différents acteurs centraux et locaux. En effet, notre choix s'est porté sur une exploitation agricole de taille moyenne représentative des superficies des palmeraies de la région de l'oued R'Ghir, à savoir sur une jeune palmeraie (en devenir) qui puise au moins deux tiers de ses eaux d'irrigation à partir des eaux de drainage. Enfin, il a été tenu compte des capacités et de la disponibilité de l'exploitant à introduire les améliorations projetées (voir les scénarios présentés plus bas).

4.2.2. Présentation du projet

- **Localisation:** commune de Sidi Amrane-Djemaa, Wilaya d'El M'ghaïr (voir photo ci-dessous)
- **Superficie:** 2,1 ha dont 1,5 ha mis actuellement en valeur.
- **Occupation du sol:** jeune palmeraie de moins de 10 ans dans la zone péri-oasienne avec des cultures intercalaires maraîchères et fourragères (oignon, ail, blette, épinards, luzerne).
- **Mode d'irrigation:** au moins deux tiers à partir des eaux de drainage à l'aide d'une motopompe qui puise l'eau du canal secondaire (n° 21) vers les rigoles en terre qui irriguent les palmiers et les planches intercalaires.

Figure 16. Délimitation du périmètre de l'exploitation phœnicicole pilote



4.2.3. Scénarios retenus

Le choix des trois scénarios retenus repose, d'une part, sur l'utilisation majoritaire des eaux de drainage, et d'autre part, sur la possibilité d'introduire des améliorations techniques, pour la plupart inspirées par les visites de terrain, et donc de devenir un projet d'excellence en ce qui concerne les aspects économiques, sociaux, environnementaux et opérationnels. Enfin, il a été également tenu compte des conditions très spécifiques du pays où l'eau agricole hors GPI est gratuite, et seule l'énergie qui sert à la pomper est payée à un prix très fortement subventionné.

• SCÉNARIO 1

Il traite des avantages et inconvénients financiers de l'irrigation exclusive de la palmeraie (voir feuille Eva Fin ex ante scénario 1) sur un projet de 2 ha avec deux variantes: le scénario 1.1 avec des eaux de forage et 1.2 avec des eaux de drainage.

• SCÉNARIO 2

Il analyse les avantages et inconvénients de l'extension de 0,5 ha d'une palmeraie de 1,5 ha plantée depuis une dizaine d'années, avec deux sources d'eaux d'irrigation: deux tiers d'eaux de drainage et un tiers d'eau de forage (voir feuille E.F. for-drain, 1,5+0,5, scénario 2). Ainsi sera exprimée la rentabilité de l'exploitation dans la situation actuelle, à partir du projet antérieur de création et ensuite celle dans situation projetée avec l'extension de la palmeraie de 0,5 ha pour arriver à une superficie de 2 ha. Il en résultera l'évaluation de l'apport du projet d'extension.

• SCÉNARIO 3

Il s'agit de voir l'intérêt que pourrait avoir cet exploitant type du scénario 2 à pratiquer l'aquaculture par un élevage de tilapia, ce qui sera l'objet du scénario 3 (voir feuille E.F. Scén2+tilapia= Scén 3). Le scénario 3 reprend le scénario 2, avec ses deux variantes: sans extension et avec extension de la palmeraie, auxquels seront ajoutés:

- dans le premier cas, projet de 1,5 ha, un élevage piscicole d'un bassin et d'une bande par an (scénario 3.1.);
- dans le deuxième cas, projet de 2 ha, un élevage aquacole de deux bassins à deux bandes par an chacun (scénario 3.2.).

Seront alors considérés les apports des projets:

- entre le scénario 3.1 et 3.2, soit entre celui à 1,5 ha de palmeraie et un bassin d'élevage aquacole à une bande et celui avec une extension de 0,5 ha de palmiers et l'introduction de deux bassins à deux bandes de poissons;
- entre la situation actuelle et celle comportant l'introduction d'un bassin d'élevage de poissons, à raison d'une bande par an (scénario 3.1);
- entre la situation du projet étendu de 0,5 ha pour arriver à 2 ha et l'introduction de deux bassins d'élevage de poissons à raison de deux bandes chacun par an (scénario 3.2).

• SCÉNARIO 4

Ce scénario envisage l'intérêt pour l'exploitant d'introduire des cultures maraîchères intercalaires. Comme dans les cas précédents (voir feuille E.F. Scén2+cult mar=Scén 4), nous avons envisagé la situation de

son exploitation actuelle de 1,5 hectare de palmiers et de son extension de 0,5 ha, ce qui donne les scénarios 4.1 et 4.2.

Ainsi, aux 1,5 ha de palmeraie, nous ajoutons 5 000 m² de cultures intercalaires (scénario 4.1). Dans le second cas, la palmeraie s'agrandit de 0,5 ha et les cultures intercalaires couvrent 7 500 m² (scénario 4.2).

4.2.4. Analyse de rentabilité

Les principaux résultats issus de l'analyse financière des différents scénarios projetés sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau 13. Résultats de l'analyse financière selon les quatre scénarios envisagés

Scénarios	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
Variantes/Cas	Scénario 1.1	Scénario 1.2	Scénario 2.1	Scénario 2.2	Scénario 3.1	Scénario 3.2	Scénario 4.1	Scénario 4.2
				+ 0,5 en A.O.		+ 0,5 en A.O.		+ 0,5 en A.O.
Surface en palmiers	2	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2
Surface en maraîchage	"	"	"	"	"	"	5 000	7 500
Nb de bassins	"	"	"	"	1	2	"	"
Nb de bande/bassin/an	"	"	"	"	2	4	"	"
Irrigation	forage 3/3	drainage 3/3	drainage 2/3 forage 1/3	drainage 2/3 forage 1/3	drainage 2/3 forage 1/3	drainage 2/3 forage 1/3	drainage 2/3 forage 1/3	drainage 2/3 forage 1/3
au prorata des heures travaillées	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales
Salaire net piscic./mois					70 000 DZD dès A0	70 000 DZD dès A0	70 000 DZD dès A0	70 000 DZD dès A0
au prorata des heures travaillées					+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales	+ charges sociales
Subventions	anciennes	anciennes	anciennes	nouvelles	anciennes	nouvelles	anciennes	nouvelles
TRI								
avec rendement	85 qx	86 qx	120 qx	120 qx	120 qx	120 qx	120 qx	120 qx
- sans subventions	- 0,8%	0,4%	9,1%	6,5%	12,5%	10,3%	9,6%	6,9%
- avec subventions	- 0,6%	0,6%	9,4%	6,7%	12,8%	10,5%	9,9%	7,2%
h. travaillées exploitant/an	1 173,71	1 173,71	880,29	1 173,71	1 177,43	2 173,60	1 000,29	1 355,51
en % du potentiel de travail	46,9%	46,9%	35,2%	46,9%	47,1%	86,9%	40,0%	54,2%
Eau forage facturée 2,50 DZD/m ³						100% du dispo dès A.O.		
TRI sans subventions	- 1,40%	"	9,0%	6,3%	12,4%	"	"	"
TRI avec subventions	- 1,20%	"	9,2%	6,5%	12,7%	"	"	"
TRI								
avec rendement	100 qx	100 qx						
- sans subventions	3,0%	3,8%						
- avec subventions	3,2%	4,0%						

Il faut de prime abord noter que pour l'ensemble des scénarios et de leurs variantes, nous recommandons que les eaux d'irrigation soient constituées de deux tiers d'eaux de drainage et d'un tiers d'eaux de forage pour diluer quelque peu les eaux de drainage qui sont souvent chargées en sel (0,7g/l en moyenne) alors que celles provenant des forages (surtout Albien pour ce qui concerne la zone de projet) ont un taux de salinité inférieur à 2g/l.

Il faut préciser que, bien que l'eau de drainage soit majoritaire dans ce mélange, ceci n'est pas très déterminant du point de vue de la rentabilité financière de l'exploitation agricole dans les conditions actuelles car l'eau destinée à l'irrigation, quelle que soit son origine, est gratuite et les agriculteurs ne paient que l'énergie nécessaire pour son extraction. Ainsi, la très grande majorité des agriculteurs qui irriguent leurs cultures et relèvent de la petite en moyenne hydraulique (PMH) ne paient que l'énergie électrique ou le gas-oil voire l'essence (tous trois très fortement subventionnés) qui servent à puiser l'eau du forage ou du drain secondaire.

La situation actuelle est donc compliquée en ce qui concerne l'utilisation des eaux de drainage lorsque les deux types de ressources hydriques sont disponibles dans une relative abondance, ce qui est le cas dans certaines zones de la vallée de l'oued R'Ghir (mais pas partout). Une autre solution à tester serait l'octroi de subventions (sous une forme à définir) au bénéfice des exploitants qui ont recours à la réutilisation des eaux de drainage pour l'irrigation. Malgré cette complexité, nous pouvons affirmer que trois des quatre scénarios proposés vont permettre (bien que la facturation de l'eau et de l'énergie soit défavorable en l'état actuel) de recourir à hauteur des deux tiers des besoins de l'exploitation aux eaux de drainage, et de démontrer qu'avec seulement un tiers d'eau de forage, il est possible de réaliser les performances suivantes avec un bon système de production et un travail acharné. C'est ainsi qu'il est possible:

- D'atteindre une rentabilité intéressante de près (ou de plus) de 10 pour cent de TRI avec ou sans subventions directes pour les scénarios 2, 3 et 4.
- De réaliser une économie annuelle de 27 000 m³ d'eau pompés de l'Albien qui pourront être réservés à l'alimentation en eau potable (AEP) car l'eau est peu chargée en sel (< 2 g/l).
- De réaliser une économie d'énergie non négligeable pour amener l'eau du forage à l'exploitation et, par conséquent, une réduction sensible des émissions de carbone.
- D'arriver à une réduction de la salinité des eaux de drainage du fait de leur mélange avec les eaux de forage, d'où un choix de cultures plus large.
- D'atteindre un potentiel d'emplois en général supérieur à 40 pour cent mais pouvant atteindre 90 pour cent, soit quasiment le plein emploi alors qu'actuellement dominant le sous-emploi et le temps partiel.
- D'atteindre un revenu significatif de 70 000 DZD/mois en moyenne pour les scénarios 2,3 et 4.
- De disposer d'une couverture sociale au prorata du temps de travail alors que 90 pour cent des agriculteurs ne possèdent pas aujourd'hui d'assurances sociales.

Par ailleurs, les commentaires ci-dessous permettent d'avoir une meilleure compréhension des différents scénarios projetés compte tenu des conditions de terrain et de nos observations in situ au niveau des palmeraies situées sur l'axe M'Ghair Touggourt:

- Un meilleur rendement, de meilleurs soins à la palmeraie avec deux sources d'eaux d'irrigation (2/3 de drainage et 1/3 de forage) permettent d'en assurer la rentabilité, sans pour autant assurer à l'exploitant une rémunération (15 000 DZD mensuels + sécurité sociale durant les heures travaillées) à la hauteur de ses besoins actuels.
- L'extension de 0,5 ha de la palmeraie de 1,5 ha, avec les deux sources d'eaux d'irrigation, permet une rentabilité encore intéressante, d'autant que l'exploitant peut se payer un salaire de 70 000 DZD par mois et régler ses cotisations à la sécurité sociale au prorata de ses heures travaillées.
- Dans ces dernières conditions, le projet d'extension n'assure pas une rentabilité à la hauteur de celle sans extension du fait d'une rémunération supérieure de l'exploitant. En somme, le projet d'extension et des soins plus propices à la palmeraie permettent une relative voire faible rentabilité, mais elle assure à son propriétaire un niveau de revenu plus décent, passant de 15 000 à 70 000 DZD mensuels.
- Avec l'élevage du tilapia, l'exploitant s'assure une épargne, un meilleur niveau de vie et encore du temps pour des loisirs. La palmeraie ne lui apporte en somme qu'un revenu complémentaire et joue un rôle écologique de préservation de la vie oasienne dans le désert.
- Enfin, l'insertion de cultures intercalaires vient rentabiliser le projet tant dans sa surface initiale (1,5 ha) que dans son extension, permettant à l'exploitant des revenus à même de lui assurer un traitement convenable avec la sécurité sociale et la retraite, tout en lui laissant encore du temps pour d'autres activités de loisirs ou d'artisanat.

4.2.5. Scénario optimum

Le scénario 3 variante 2 (voir tableau n° 12) apparaît comme le scénario optimum en vertu de diverses considérations économiques, écologiques, sociales et opérationnelles. En effet, il possède un TRI de 10,5 et 10,3 pour cent (avec et sans subventions) soit légèrement inférieur au scénario 3.1 mais avec beaucoup plus de flux financiers du fait d'investissements plus importants dans l'aquaculture (avec quatre bassins au lieu de deux pour le scénario 3.1). En outre, il procure un revenu de 70 000 DZD dès l'année 0 (A0) et un quasi plein emploi avec 86,9 pour cent de temps de travail ainsi qu'une couverture sociale.

Par ailleurs, des productions n'apparaissant pas dans l'analyse de rentabilité car non facturées (les jardins potagers, les arbres fruitiers ou l'élevage fermier) sont à prendre en considération car elles contribuent fortement à satisfaire les besoins alimentaires du ménage. Il faut rajouter à cela une économie substantielle d'eau de l'ordre de 30 000 m³/an (aquaculture incluse) et un apport d'éléments fertilisants non négligeables en provenance des quatre bassins aquacoles avec deux bandes de 150 j environ chacun, et par conséquent une réduction significative dans l'apport en fumier à la palmeraie.

Il est à noter un apport en protéines animales non négligeable pour le ménage, apport d'autant plus précieux que la ration alimentaire des ménages algériens est généralement déficitaire en protéines animales car les viandes et les poissons sont souvent onéreux, notamment pour les populations défavorisées.

Enfin, pour conclure sur ce chapitre, il est sensé d'envisager, d'un point de vue opérationnel, la réalisation du scénario 3.1 puis 3.2 en deux étapes ou deux phases en fonction des capacités d'autofinancement disponibles ainsi que des facilités ou non de l'exploitant agricole à contracter un prêt bancaire.

4.2.6. Plan d'investissement

• OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS

Rubriques	Consistance physique	Consistance financière totale: site de démonstration (milliers de DZD)	Consistance financière totale: périmètre de 100 ha (milliers de DZD)
1. Acquisition d'une petite station de dessalement monobloc (à titre pilote et expérimental avant généralisation éventuelle)	200 m ³ /j	20 000	20 000
2. Construction d'un bassin d'accumulation des eaux produites par la station de dessalement	200 m ³	60	3 000
3. Construction de bassins répartiteurs pour mélanger les eaux de drainage dessalées et celles du forage (non dessalées pour les exploitations autres que le site de démonstration)	400	120	6 000
4. Acquisition de deux pompes pour puiser les eaux de drainage (dessalées ou non) à partir du drain secondaire pour les emmener vers le bassin répartiteur et les mélanger avec les eaux de forage	2 dont 1 en stand-by	100	5 000
5. Acquisition de broyeur pour palmes sèches et roseaux avec équipement nécessaire pour la production de composte	1	100	5 000
6. Travaux d'aménagement et de modernisation du réseau d'irrigation et de drainage	Forfait	100	5 000
7. Génie civil et petits équipements de trois bassins pour l'élevage de poissons	3	200	10 000
8. Acquisition de compteurs volumétriques pour vérifier la consommation d'eau	2	100	5 000
9. Acquisition de matériels informatiques et bureautiques pour la cellule de suivi-évaluation du projet	Forfait	300	300
10. Acquisition de matériels agricoles (tracteur et suite) pour le site de démonstration	Forfait	5 000	5 000

Rubriques	Consistance physique	Consistance financière totale: site de démonstration (milliers de DZD)	Consistance financière totale: périmètre de 100 ha (milliers de DZD)
11. Acquisition de véhicules tout terrains (4x4) pour la cellule de suivi-évaluation	1	8 000	8 000
Total		34 080	72 300

• ACTIONS IMMATÉRIELLES

Rubriques	Consistance physique	Consistance financière totale (milliers de DZD)	Observations
Renforcement des capacités des agriculteurs	50	100	Tous les agriculteurs du périmètre irrigué subiront des formations régulières en matière de réutilisation des eaux de drainage (RED).
Renforcement des capacités des techniciens et ingénieurs	100	400	Pour les techniciens et ingénieurs de la vallée de l'oued R'Ghir.
Sensibilisation et dissémination de la RED à l'aide de tous supports	Forfait	1 000	Tous les supports seront mis à contribution (dépliant, radio, vidéo, film).
Voyage d'études et jumelage avec des pays ayant une expérience avérée dans le domaine de la RED	Forfait	500	Il s'agira notamment des pays de la région MENA.
Analyse des eaux et des sols	Forfait	100	Un laboratoire de l'Institut national de l'irrigation et du drainage (INSID) sis dans la commune d'Ain Mahdi (à proximité de la station de recherche de l'Institut national de la recherche agronomique d'Algérie [INRAA]) devrait être opérationnel courant 2021.
Organisation d'ateliers et de conférences	Forfait	500	-
Imprévus	10%	290	-
Total 2		2 890	-
TOTAL GÉNÉRAL (1+2)		75 190	-

Le plan d'investissement sur ses volets matériels et immatériels s'élève à 75 190 000 DZD soit 561 000 USD.

À cette évaluation succincte du plan d'investissement du périmètre irrigué de 100 ha, il faut rajouter les mesures d'accompagnement et d'encadrement indispensables à la réussite de ce projet. Il s'agit notamment de:

- La mise en place d'un cadre réglementaire régissant la gestion des eaux de drainage comme une ressource non conventionnelle à part entière avec ses spécifications, ses normes ainsi que l'éventail des cultures possibles compte tenu du niveau de salinité. Dans ce cadre, il faut signaler que les eaux de drainage ne sont pas citées explicitement (alors que les chotts et sebkhas le sont) dans l'article 4 consacré à la définition de la consistance du domaine public hydraulique naturel de la loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau. Une fois que cette ressource possédera un ancrage juridique comme eau non conventionnelle, elle sera automatiquement intégrée dans les plans directeurs d'aménagement des ressources (PDAR) par unité hydrographique naturelle. Ce plan définit notamment les objectifs en matière d'utilisation des ressources en eau ainsi que les mesures liées aux exigences d'économie, de valorisation et de protection de la qualité de l'eau, dans une perspective de gestion durable de ces ressources.
- La revue de la tarification de l'eau afin que les eaux de drainage possèdent un avantage comparatif par rapport aux eaux souterraines qui représentent l'essentiel des eaux utilisées dans le sud du pays pour l'irrigation et l'AEP.
- Prévoir un budget de fonctionnement pour les pièces de rechange (notamment les membranes servant à l'osmose inverse) et autre maintenance.
- Envisager l'association de l'énergie solaire photovoltaïque comme source d'alimentation en énergie de la petite station de désalinisation pour faire baisser les charges en énergie fossile (3 kwh/m³) qui représentent en moyenne 40 pour cent des charges totales.
- Promouvoir la création d'associations ou de syndicats d'irrigants utilisant les eaux de drainage.
- Soutenir d'une manière spécifique l'équipement en systèmes d'irrigations localisées au niveau des périmètres utilisant la RED.

4.2.7. Principales améliorations apportées au projet

Elles se déclinent comme suit:

- Introduction à titre démonstratif d'une petite station de dessalement d'eaux salées pour initier la production d'autres cultures que celles actuellement produites dans le but de diversifier l'économie agricole locale et d'augmenter le revenu des agriculteurs oasiens.
- Réalisation de bassins de mélange des eaux de drainage et de forage afin de disposer de capacités de stockage et de régulation des eaux mélangées destinées à l'irrigation.
- Généralisation, grâce à la dotation de broyeurs, de la fabrication de compost issu des sous-produits du palmier dattier et de son utilisation comme engrais vert, ce qui va permettre de réduire les apports en fumier et de disposer d'une production biologique qui pourrait à terme être exportée.
- Développement à grande échelle d'une aquaculture intégrée à l'agriculture oasienne qui va garantir la diversification des revenus des agriculteurs oasiens et améliorer les disponibilités en protéines animales et, par conséquent, la qualité nutritionnelle du modèle de consommation des populations des régions sahariennes qui est assez pauvre en acides aminés essentiels.
- Introduction de la petite mécanisation pour faire face au déficit patent de main-d'œuvre dans les oasis et ainsi réduire la pénibilité des travaux agricoles en espérant attirer les jeunes et assurer un renouvellement générationnel.
- Renforcement des capacités des agriculteurs concernés, notamment à l'aide de sites de démonstration, dans l'utilisation efficiente des eaux de drainage.
- Réalisation régulière de campagnes de communication et de sensibilisation en direction des agriculteurs, techniciens et ingénieurs en charge du présent projet.
- Mise en place d'un dispositif de suivi-évaluation pour valoriser et disséminer les acquis quant à l'utilisation des eaux de drainage.

5. CAS DE LA LYBIE

5.1. Le projet Barak Eshikeda pour la réutilisation des eaux de drainage agricole

5.1.1. Introduction

Certaines études sur l'eau indiquent actuellement que les ressources en eau disponibles en Libye sont devenues limitées par rapport à la population, et le taux de croissance de la population et ses besoins alimentaires constituent une forte pression sur ces ressources limitées. Pour faire face à ces pressions, il était nécessaire d'augmenter l'efficacité de l'utilisation des différentes ressources en eau, de développer des méthodes d'irrigation, et de fournir des moyens de bénéficier de ressources en eau non traditionnelles, y compris les eaux de drainage agricole, pour répondre à ces besoins croissants en eau, en particulier dans le domaine des projets d'expansion horizontale visant à augmenter la superficie agricole et à surmonter les problèmes liés à la rareté et à la pénurie des ressources en eau (Bassiouni, 2008). Ainsi, le projet agricole de Barak Eshikeda, avec ses réseaux de drainage des eaux agricoles, a été choisi comme un site pilote pour effectuer une analyse des coûts et bénéfices et connaître l'importance de ce projet.

Les données du projet ont été obtenues auprès de certains agriculteurs résidant dans la zone du projet en raison de l'absence d'études antérieures sur la faisabilité économique de ce projet.

5.1.2. Présentation du projet

Le projet est situé au sud de Barak Eshikeda, dans la région de Wadi Al-Shati, à 60 km au nord de Sabha. Il se trouve également à environ 700 km de la ville de Tripoli.

La moyenne des températures majeures et mineures, l'humidité, les vents et les taux de pluie selon les mesures de la station climatique dans la ville de Barak Eshikeda sur la période 1968-2020 sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14. Principaux paramètres climatiques

Éléments climatiques	Moyenne annuelle
Température maximale moyenne (°C) +	+ 32 °C
Température minimale (°C) +	+23 °C
Humidité moyenne (%)	8-19%
Vitesse moyenne du vent (km/h)	11-18 km/h
Précipitations moyennes (mm)	Non mentionné

Source: Bureau météorologique de Tripoli, 2020.

Le degré de salinité du sol du projet varie entre 5 et 45 dSiemens/cm, ce qui le rend homogène, et le pH est compris entre 7,7 et 8,2.

La superficie et le nombre d'exploitations sont comme suit:

- superficie totale du projet: 3 000 hectares;
- surface irriguée: 2 790 hectares;
- nombre d'exploitations: 296 exploitations et la superficie totale de l'exploitation est de 10 hectares.

Les cultures suivantes ont été sélectionnées dans les alternatives du cycle agricole avec des proportions variables de surfaces, selon les considérations suivantes:

- Adaptées en termes d'eau, de sol, d'environnement et de climat.
- Facilité de transport, de stockage et de commercialisation.
- Expérience agricole suffisante dans la région pour la production.
- Présence de marchés locaux pour les cultures proposées dans la région nord dans le but d'atteindre l'autosuffisance. La composition des cultures du projet est représentée par les grandes cultures d'hiver comme le blé, l'orge, et les cultures d'été comme le sorgho et le millet.

Toutes ces cultures sont adaptées à l'agriculture dans la région et dans les terres du projet, dont le sol subit la plupart des contraintes de la salinité et de la soude, à des degrés divers, car elles ont la capacité de supporter la salinité du sol. Il y a ainsi du blé, qui tolère la salinité du sol à un degré moindre que l'orge, considéré comme la culture la plus tolérante à la salinité, ainsi que du sorgho qui supporte des degrés élevés de salinité, et du millet qui tolère la salinité du sol à un degré moindre que le sorgho.

Tableau 15. Superficies, production moyenne et productivité estimée des cultures dans le projet Eshikeda

Article	Millet	Sorgho	Orge	Blé	Total
Superficie (ha)	1 395	1 395	1 395	1 395	2 790
Productivité (tonne/ha)	1,5	4	4	2	11,5
Production (tonnes)	2 092	5 580	5 580	2 790	16 042

5.1.3. Allocations d'eau

Le projet dépend des eaux souterraines comme source d'eau d'irrigation, car il contient 25 puits, caractérisés par la présence de fer en concentrations élevées. Les allocations d'eau pour le projet ont été estimées à 1 688 765 de mètres cubes/an (Hamila, 2020).

5.1.4. Besoins en eau de chaque culture pendant une saison

Comme l'indique le tableau 16, les besoins en eau varient d'une culture à l'autre et s'échelonnent au cours d'une même saison agricole entre 4 000 m³/ha pour l'orge et à 8 000 m³/ha pour le blé, le sorgho et le millet.

Tableau 16. Besoins en eau des cultures pratiquées dans le cadre du projet

Culture	Blé	Orge	Sorgho	Millet
m ³ /ha	8 000	4 000	8 000	8 000

Source: Lariel, 2020.

5.1.5. Opération du projet

Le projet est alimenté par le réseau d'eau de drainage agricole situé dans la zone du projet, composé de tuyaux spiralés perforés en plastique d'un diamètre de 50 mm enveloppés autour d'une couverture de fibres à une profondeur comprise entre 120 et 150 cm selon le niveau de la nappe phréatique, afin de retirer l'excès d'eau des champs pour les verser dans des tuyaux subsidiaires et, ainsi, l'ensemble du projet est alimenté pour irriguer les champs agricoles (Hamila, 2020).

5.1.6. Analyse financière et économique du projet pilote

Hypothèses de l'analyse financière et économique du projet agricole de Barak Eshikeda

L'analyse financière et économique est basée sur les hypothèses suivantes:

- Aux fins de l'analyse, le projet est vieilli de 25 ans, de la phase de construction à la phase de pleine capacité de production du projet. (La période de construction commence en 2021 et se termine en 2045).

- Calcul des coûts et des revenus des activités du projet sur la base du taux d'intérêt de 7 pour cent prévalant sur le marché des transactions financières.
- Le taux de change retenu est 1 USD = 3,68 dinars libyens (LYD).
- Le taux de remplacement sera de 50 pour cent des immobilisations du projet (remplacement partiel) au cours de la douzième année du projet.
- La production commence avec une capacité partielle en 2022 et une pleine capacité au début de 2023.

5.1.7. Analyse coûts-bénéfices du projet pilote

A) COÛTS D'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement sont les dépenses totales pendant le processus de production et la valeur de ces dépenses ne change pas avec le type et la quantité de production, comme les coûts des puits, des outils d'irrigation et des équipements durables qui serviront pour plusieurs campagnes agricoles.

Les coûts d'investissement du projet agricole de Barak Eshikeda sont estimés à 28 975 000 millions de dinars libyens.

Tableau 17. Détail des coûts d'investissement du projet

Sections	Nombre d'unités	Prix unitaire (LYD)	Total (LYD)
La superficie du terrain (2 790 hectares) lorsqu'il s'agit de la propriété de l'État			Prix du terrain
Bâtiments et constructions			1 500 000
Machines et équipements			
1. Machines de nivellement du sol			
Puissance du tracteur 375	10	200 000	2 000 000
Puissance du tracteur 175	10	150 000	1 500 000
Machine à niveler	2	100 000	200 000
Semoir à grains	5	20 000	100 000
Total			3 800 000
2. Machine pour le soin des cultures			
Épandeur de fumier	5	25 000	125 000
Machine à pulvériser les pesticides	3	200 000	600 000
Total			725 000
3. Graveuses et presses à foin			
Moissonneuse et batteuse	10	300 000	3 000 000
Collecteur de grains	2	100 000	200 000
Machine à lier le foin	5	50 000	250 000
Voitures de marchandises	5	200 000	1 000 000
Voitures de transport	5	100 000	500 000
Total			4 950 000
Total des machines et équipements			
			9 475 000
4. Système d'irrigation			
Puits de forage et pompes de puits	56	150 000	8 400 000
Systèmes d'irrigation circulaires à pivot	56	150 000	8 400 000
Total			16 800 000
5. Réseaux de drainage			
Réseaux de drainage	8	150 000	1 200 000
Total			1 200 000
Coût d'investissement total			28 975 000

Source: Lariel, 2020.

B) FRAIS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation sont les dépenses totales pendant le processus de production, et ces dépenses changent en fonction du type et de la quantité. La production, par exemple, les coûts de main-d'œuvre, les semences, les engrais, le carburant, l'électricité, ainsi que les pièces de rechange et l'entretien: tout changement dans la quantité ou le coût de ces intrants conduit à un changement dans les coûts totaux d'exploitation annuels, à la hausse ou à la baisse. Les coûts d'exploitation du projet agricole de Barak Eshikeda sont estimés à 7 028 380 millions de dinars libyens.

Le tableau 18 présente le détail des coûts opérationnels du projet.

Tableau 18. Éléments de l'estimation des coûts annuels de fonctionnement du site pilote (Projet Barak Eshikeda)

Articles	Valeur (LYD)
Engrais du sol, engrais chimiques et pesticides	4 185 000
Carburant	20 000
Électricité	100 000
Emploi	1 200 000
Graines	1 343 380
Pièces de rechange et entretien	100 000
Service d'exploitation et de maintenance du réseau d'irrigation	50 000
Service d'exploitation et d'entretien du réseau de drainage	30 000
Total	7 028 380

Source: Lariel, 2020.

C) COÛT TOTAL DU PROJET

Les coûts totaux du projet sont la somme des coûts d'investissement et des coûts opérationnels.

• Le taux d'actualisation et le facteur d'actualisation (r)

Le taux d'actualisation est la formule utilisée pour récupérer les valeurs des coûts et des revenus futurs tout au long des années de vie du projet à des valeurs actuelles, comme 5 pour cent ou 7 pour cent ou tout nombre autre que le facteur d'actualisation, qui est multiplié par la valeur future des coûts ou des revenus chaque année dans le but de les récupérer à une valeur actuelle, et un certain nombre de prix ont été utilisés, à savoir 7, 10, 30, 33, 35 et 37 pour cent. Utiliser plusieurs prix permet d'éviter d'utiliser le petit ou le grand taux d'actualisation et, comme il s'agit d'une étude locale, les prix d'actualisation sont bas. Toute l'analyse sera réalisée en utilisant la valeur actuelle nette (VAN) et le ratio recettes/coûts sous chaque taux d'actualisation parmi les taux mentionnés précédemment.

• Estimation des revenus projetés du projet pilote agricole de Barak Eshikeda

Les revenus annuels attendus de la production du projet, qui atteindra sa pleine capacité en 2023, sont estimés à 21 880 575 millions de dinars libyens (tableau 19). Le revenu le plus important provient de la culture du sorgho et le moins important de celle du blé.

Tableau 19. Revenus estimés attendus pour le site expérimental de Barak Eshikeda

Culture	Prix unitaire (LYD/tonne)	Quantité totale de production (tonne/ha)	Total des revenus (LYD)
Blé	1 042	5 580	5 814 360
Foin de blé	5	104 625	523 125
Orge	868	5 580	4 843 440
Foin d'orge	6	174 375	1 046 250
Sorgho	2 575	2 790	7 184 250
Millet	1 180	2 093	2 469 150
Total			21 880 575

Source: Lariel, 2020.

D) FLUX SORTANTS ET ENTRANTS DU SITE PILOTE DE BARAK ESHIKEDA

Sur la base du détail des sorties et des entrées de fonds pour le site expérimental en utilisant le taux d'intérêt de 7 pour cent, le total des sorties nettes est égal à 424 014 270 dinars libyens, car 50 pour cent des immobilisations du projet ont été remplacées (remplacement partiel) au cours de la douzième année de vie du projet. La production commencera également avec une capacité partielle en 2022 et à pleine capacité à partir de 2023.

E) INDICATEURS D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DU PROJET PILOTE DE BARAK ESHIKEDA

Les indicateurs d'évaluation économique sont ceux par lesquels nous pouvons accepter ou rejeter la mise en œuvre du projet à travers un ensemble de critères et de mesures financières. Ces critères prennent en compte la composante temporelle et utilisent donc la valeur temporelle de l'argent en considérant que cette valeur varie chaque fois en même temps que le taux d'intérêt ou la période de temps, à savoir:

1- La valeur actuelle nette du projet (VAN) est définie comme la différence entre la valeur actuelle totale des retours et la valeur actuelle des coûts au taux d'actualisation. Si la valeur actuelle nette est positive, cela indique l'intégrité du projet et, lors de la comparaison des alternatives d'investissement, le projet qui donne la plus grande valeur.

2- Le ratio avantages-coûts (RAC) est l'un des critères complémentaires de la valeur actuelle nette, et il est généralement utilisé pour la comparaison des projets entre eux à la lumière de l'efficacité du rendement du capital investi dans le processus de production.

3- La période de récupération du capital (PRC) est définie comme la période nécessaire pour récupérer l'investissement grâce aux bénéfices réalisés par le projet.

4- Le taux de rendement interne (TRI) est défini comme le taux de rentabilité minimum que doit avoir un projet d'investissement, pour qu'il ait une équivalence entre son coût initial et ses flux de trésorerie future, autrement dit, c'est le taux pour lequel la VAN est nulle.

1- Valeur actuelle nette (VAN) du projet = 166 504 232,99 LYD. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable car elle est positive.

2- Le ratio avantages-coûts (RAC) obtenu en divisant la somme des valeurs actuelles des revenus par la somme des valeurs actuelles des coûts = 2,012. Il est clair avec ce critère et le bon pourcentage obtenu que cette activité est rentable.

3- Période de récupération = 2,711. Ce critère permet de dire que la période de récupération du capital dépensé dans le projet est de 5 ans et environ 8 mois, et nous recommandons donc de mettre en œuvre le projet.

4- Taux de rentabilité interne (TRI) = 36,885. Ce critère est considéré comme le critère le plus important utilisé dans l'évaluation de la faisabilité des projets. Il est clair que le taux de rendement interne est élevé, puisqu'un dinar investi dans ce projet réalise un rendement annuel estimé à environ 36,885 dinars, ce qui dépasse le coût d'opportunité. Par conséquent, nous recommandons la mise en œuvre du projet.

5.1.8. Analyse de sensibilité du projet

L'analyse de la production agricole est sous l'influence de nombreux facteurs qui échappent au contrôle et ont un impact positif ou négatif sur la performance du projet. Dans le projet de Barak Eshikeda, nous mettons l'accent sur l'aspect agricole de ce type d'analyse pour assurer la faisabilité du projet ou non. La plupart des méthodes d'analyse probabiliste utilisées dans le domaine de l'évaluation des résultats des opportunités disponibles dans des conditions de risque et d'incertitude indiquent à l'État les possibilités d'étendre ou non l'investissement dans ce projet. Lorsque c'est possible, l'analyse de sensibilité permet de déterminer comment le projet sera affecté en raison des changements potentiels qui peuvent se produire dans sa valeur et ses déterminants. En outre, grâce à cette analyse, il est possible de faire différentes estimations des résultats des possibilités d'investissement disponibles dans différentes conditions économiques. Étant donné que l'activité agricole est affectée par le marché et que la production agricole du projet est la même que n'importe quelle production en termes de quantité de production ainsi que de prix spécifiques, nous allons étudier les scénarios suivants et ainsi analyser la sensibilité:

- premier scénario: augmentation de 10 pour cent des coûts variables;
- deuxième scénario: diminution de 10 pour cent des revenus;
- troisième scénario: augmentation de 10 pour cent des coûts variables et diminution de 10 pour cent des revenus.

Grâce à ces scénarios, nous pourrions obtenir des réponses aux questions suivantes:

- Dans quelle mesure les coûts variables peuvent-ils augmenter?
- Dans quelle mesure les revenus du projet peuvent-ils diminuer?

- **Premier scénario**

Paramètres et indicateurs du projet agricole de Barak Eshikeda en cas d'augmentation de 10 pour cent des coûts variables et à revenus constants.

Valeur actuelle nette du projet (VAN): 206 965 782,53 LYD. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable car elle est positive.

Ratio avantages/coûts = 1,970. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable grâce au bon rapport obtenu.

Période de récupération du capital = 2,9 ans. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que la période de récupération du capital dépensé dans le projet est de deux ans et environ 9 mois, et nous recommandons donc de mettre en œuvre le projet.

Taux de rendement interne = 34,883 pour cent. Ce critère est considéré comme le critère le plus important utilisé dans l'évaluation de la faisabilité des projets et il est clair que le taux de rendement interne est élevé et dépasse le coût d'opportunité. Par conséquent, nous recommandons la mise en œuvre du projet.

- **Deuxième scénario**

Paramètres et indicateurs du projet agricole de Barak Eshikeda en cas de diminution de 10 pour cent des revenus et de stabilité des coûts.

Valeur actuelle nette du projet = 180 930 649,39 dinars. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable car elle est positive.

Ratio avantages/coûts = 1,917. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable grâce au bon rapport obtenu.

Période de récupération du capital = 3,049 ans et nous recommandons donc de mettre en œuvre le projet.

Taux de rendement interne = 32,793 pour cent. Ce critère est considéré comme le critère le plus important utilisé dans l'évaluation de la faisabilité des projets et il est clair que le taux de rendement interne est élevé, car l'investissement dans ce projet réalise un rendement annuel qui dépasse le coût d'opportunité. Par conséquent, nous recommandons la mise en œuvre du projet.

- **Troisième scénario**

Paramètres et indicateurs du projet agricole de Barak Eshikeda en cas d'augmentation de 10 pour cent des coûts variables et de diminution de 10 pour cent des revenus.

Valeur actuelle nette du projet = 164 929 762 dinars. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable car elle est positive.

Ratio avantages/coûts = 1,773. Sur la base de ce critère, il apparaît clairement que cette activité est rentable grâce au bon rapport obtenu.

Période de récupération du capital = 3,338 ans.

Taux de rendement interne = 29,954 pour cent. Ce critère est considéré comme le critère le plus important utilisé dans l'évaluation de la faisabilité des projets et il est clair que le taux de rendement interne est élevé, car l'investissement dans ce projet réalise un rendement annuel qui dépasse le coût d'opportunité.

Il ressort clairement du tableau 20 que le meilleur scénario est le premier scénario, dans lequel les coûts du projet sont récupérés en deux ans et neuf mois; c'est l'un des indicateurs économiques importants qui expriment la capacité du projet à résister au risque, de sorte que, plus la période de récupération est courte, moins le projet est exposé au risque et offre la possibilité d'investir dans d'autres activités économiques.

Tableau 20. Analyse de sensibilité pour les trois scénarios du projet agricole de Barak Eshikeda

Scénarios	PRC	TRI	B/C	VAN
Premier scénario	2,867	34,883	1,970	206 965 782,53
Deuxième scénario	3,049	32,793	1,917	180 930 649,39
Troisième scénario	3,338	29,954	1,773	164 929 762

Source: Lariel, 2020.

6. CAS DU MAROC

6.1. Projet de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage issues des khettaras pour la revitalisation de l'agroécosystème oasien de la commune rurale de Fezna

6.1.1. Introduction

Le projet intitulé «Réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage issues des khettaras pour la revitalisation de l'agroécosystème oasien de la commune rurale de Fezna» est innovant en matière de diversification des ressources en eau dans un contexte marqué par une vulnérabilité accrue aux changements climatiques. La conception initiale du projet est fondée sur l'idée de pouvoir augmenter les volumes d'eau d'irrigation agricole à partir de la mise en place d'une STEP et de l'exploitation du réseau dense de khettaras existant au niveau du territoire de Fezna.

La logique d'intervention du projet vise le renforcement de l'offre d'eau à usage agricole, à travers une mutualisation des eaux de drainage issues des khettaras et des eaux usées traitées de la STEP de Fezna.

La pertinence de ce projet réside dans la nécessité d'augmenter la résilience de l'agroécosystème oasien de Fezna pour faire face aux stress hydriques qui ne cessent d'augmenter. L'option technique retenue consiste à débloquer le potentiel des eaux usées traitées de la STEP de Fezna, en liaison avec la réhabilitation et l'aménagement du réseau des khettaras existants pour une irrigation agricole mixte.

Certes, le projet est innovant pour le contexte oasien et présente une alternative d'irrigation intégrée et fortement ancrée dans la spécificité du territoire. Toutefois, il reste tout de même à vérifier sa faisabilité technique et son utilité sociale, eu égard aux coûts et bénéfices qui lui sont associés. Il est donc utile de réaliser une analyse coûts-bénéfices (ACB) du projet «Réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage issues des khettaras pour la revitalisation de l'agroécosystème oasien de la commune oasienne de Fezna».

La finalité dudit projet est de développer un nouveau mode d'irrigation, combinant les eaux conventionnelles et les eaux non conventionnelles, parfaitement adapté au contexte oasien, aligné sur les orientations de la Stratégie nationale de l'eau qui prône une gestion durable, inclusive et intégrée des ressources naturelles face au changement climatique. Toutefois, la pertinence de ce projet reste fortement tributaire de la disponibilité des eaux de drainage issues des khettaras, d'autant plus que la tendance dans cette zone est à leur assèchement généralisé.

6.1.2. Objectifs et résultats attendus du projet

L'objectif principal du projet est de renforcer l'offre d'eau à usage agricole, à travers la mobilisation conjointe des eaux usées traitées (EUT) et des eaux de drainage (ED) issues des khettaras au niveau de la zone oasienne de Fezna dans le sud-est marocain.

Pour ce faire, plusieurs objectifs spécifiques sont poursuivis et consistent respectivement en :

- l'installation du traitement tertiaire complémentaire à la STEP de Fezna;
- la réhabilitation des khettaras et des canaux alimentant l'oasis de Fezna;
- l'équipement en matériels d'irrigation de la nouvelle superficie agricole à irriguer;
- l'organisation des agriculteurs en association d'usagers des EUT et ED.

La finalité recherchée du projet est d'augmenter durablement le revenu des agriculteurs oasiens et l'attractivité sociale et économique de leur territoire. À cet impact économique viennent s'ajouter d'autres impacts environnementaux positifs importants, associés respectivement au renforcement de la résilience de l'agroécosystème oasien par le développement des bonnes pratiques de mutualisation des EUT et ED issues des khettaras, l'amélioration des conditions d'hygiène et de santé des populations locales, la préservation du patrimoine phœnicicole, et le maintien du paysage typique des oasis.

L'ensemble de ces impacts environnementaux contribuera aussi à générer des externalités sociales positives, notamment la réduction de l'exode rural, le renforcement de l'attractivité sociale du territoire oasien et la pérennisation du patrimoine oasien.

6.1.3. Présentation succincte de la zone du projet

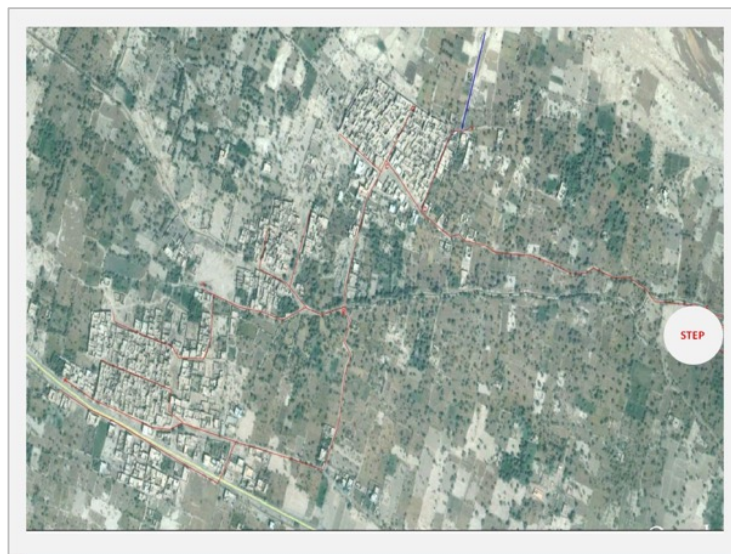
Le site du projet se trouve sur le territoire de la commune rurale de Fezna, qui fait partie de la grande région de Drâa-Tafilalet et relève, selon le découpage administratif, respectivement du cercle d'Erfoud et de la province d'Errachidia. La commune de Fezna a été créée en 1992 par décret, suite aux changements du découpage administratif de l'ex-commune du Jorf qui a donné lieu à deux nouvelles communes, à savoir Arab Sabah Ghriss et Fezna, en plus de la municipalité de Jorf. Sa superficie couvre 512 km², soit 0,8 pour cent de la superficie de la province d'Errachidia. Elle est délimitée géographiquement par les communes rurales de Rteb, Mdaghra et Kheng au nord, la municipalité de Jorf et la commune rurale d'Arab Sebah Ghris au sud, les communes rurales d'Arab Sebah Ziz et Rteb à l'est et la commune rurale de Mellaab à l'ouest.

La population de la commune rurale de Fezna était de 4 477 habitants lors du recensement général de la population de 2014, répartis à raison de 50,1 pour cent de femmes et 49,9 pour cent d'hommes.

Le nombre de ménages est de 701, composés en moyenne de 6,4 personnes. La répartition de cette population selon les grands groupes d'âge donne 33,8 pour cent pour la classe des moins de 15 ans, 57,0 pour cent pour la classe comprise entre 15 et 59 ans et 9,2 pour cent pour la classe de 60 ans ou plus.

L'une des caractéristiques majeures de cette commune réside dans le poids relativement élevé de la pauvreté. Le taux de pauvreté relative était estimé à 14,9 pour cent en 2014, et le taux de vulnérabilité à 23 pour cent. Cette situation de pauvreté est étroitement liée à la faiblesse des activités économiques et des opportunités d'investissements. L'économie locale de la commune de Fezna repose principalement sur l'activité agricole oasienne et en partie sur le tourisme oasien. Le taux net d'activité était estimé en 2014 à 41,9 pour cent. Selon le sexe, cet indicateur est de 73,8 pour cent chez les hommes et 11,6 pour cent chez les femmes. Le taux de chômage se situe autour de 17,5 pour cent, soit 12,7 pour cent pour le sexe masculin et 46,6 pour cent pour le sexe féminin.

Figure 17. Localisation du périmètre du projet de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage



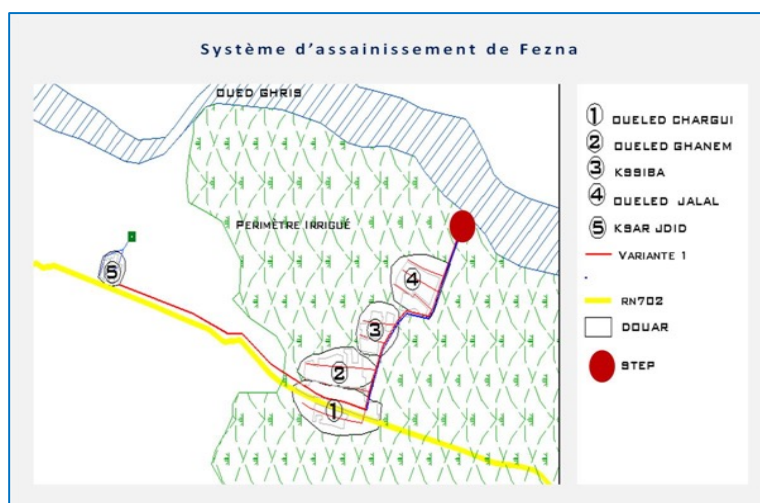
Source: FAO-Tunis.

6.1.4. Principales composantes du projet de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage de Fezna

A) STATION D'ÉPURATION DE FEZNA

La station d'épuration de Fezna a été conçue initialement dans le cadre du «Projet d'adaptation aux changements climatiques pour des oasis résilientes (PACC)» du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) en 2009. Le modèle préconisé a été élaboré sur la base des guides relatifs à l'assainissement liquide dans le milieu rural (FAO-ONEP, 2005), tout en s'appuyant sur les résultats des études existantes spécifiques au contexte oasien et désertique. Une vue d'ensemble du système d'assainissement liquide et de l'emplacement de la STEP de Fezna ainsi que des douars et ksours couverts est présentée dans la figure 18.

Figure 18. Système d'assainissement liquide de la commune de Fezna



Source: FAO-ONEP, 2005.

Les spécifications techniques de la STEP sont basées sur les indicateurs de la situation pour la période 2004-2009. Pour l'estimation des débits en eaux usées brutes à collecter, les projections de la démographie considérées à l'époque ont retenu des taux d'accroissement compris entre 2,5 pour cent (2015-2025) et 3 pour cent (2025-2035), pour une population d'environ 5 000 habitants en 2015. Sur cette base, la production moyenne des eaux usées (EU) a été estimée respectivement à 89 m³/j (2015), 116 m³/j (2025) et 150 m³/j (2035). Les autres indicateurs relatifs aux débits des eaux usées et aux charges polluantes sont rapportés dans le tableau 21.

Tableau 21. Critères adoptés dans la conception initiale de la STEP de Fezna

Indicateurs	2015	2025	2035
1 - Projection démographique (Fezna)			
Population totale (habitants)	5 082	6 505	8 742
Taux d'accroissement %	2,50	3,00	-
2 - Production des eaux usées de la CR de Fezna			
Production moyenne des EU (m ³ /j)	89	116	150
Débit moyen en temps seconde (m ³ /j)	106,46	136,37	173,90
Débits de pointe en temps seconde (l/s)	4,3	5,6	7,2
Débits de pointe en temps seconde (m ³ /h)	15,5	20,1	25,9
3 - Évolution des charges polluantes (Fezna)			
DB05 (kg/j)	46	68	98
DCO (kg/j)	91	136	196
MES (kg/j)	69	102	147

Pour le choix du système d'épuration des eaux usées, trois principaux critères ont été mis en avant.

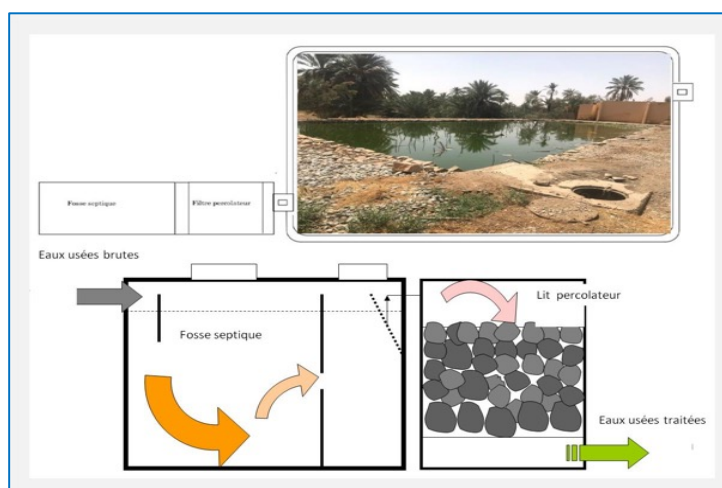
Il s'agit respectivement de la fiabilité et de la simplicité de la technologie, de la souplesse envers les variations de charges et de débits ainsi que l'accès économique, notamment les coûts d'investissement et d'exploitation. Ainsi, le choix s'est porté sur un système autonome semi-groupe composé de fosses septiques toutes eaux (FSTE), comme épurateur primaire, et d'un lit percolateur (LP).

La fosse septique construite en béton armé est totalement enterrée et ses deux fonctions essentielles sont respectivement la rétention des matières solides (boues) et la liquéfaction des matières solides retenues dans la fosse par des bactéries anaérobies. Ces deux fonctions physiques et biologiques visent une réduction de moitié ou plus de la pollution organique (DBO5) et des matières en suspension. La chaîne de traitement préconisée par ce procédé est composée d'un prétraitement et traitement primaire par fosse septique, suivie d'une épuration biologique par lit percolateur en guise de traitement

secondaire. Ce mode de traitement est développé au Maroc puisqu'il est déjà opérationnel à Cala Bonita, Tafoughalt et au palais royal de Bouznika (figure 19).

La fosse septique est une installation pour la réception et le traitement préliminaire des eaux usées. C'est un ouvrage généralement enterré, en matériau étanche équipé d'entrée et de sortie, simple d'exploitation et qui permet un traitement préliminaire après un temps de séjour relativement faible. Pour améliorer la qualité de l'effluent à la sortie de la fosse, il est toujours préférable d'avoir deux ou trois compartiments.

Figure 19. Procédure de traitement des eaux usées de la STEP de Fezna



Source: FAO-ONEP, 2005.

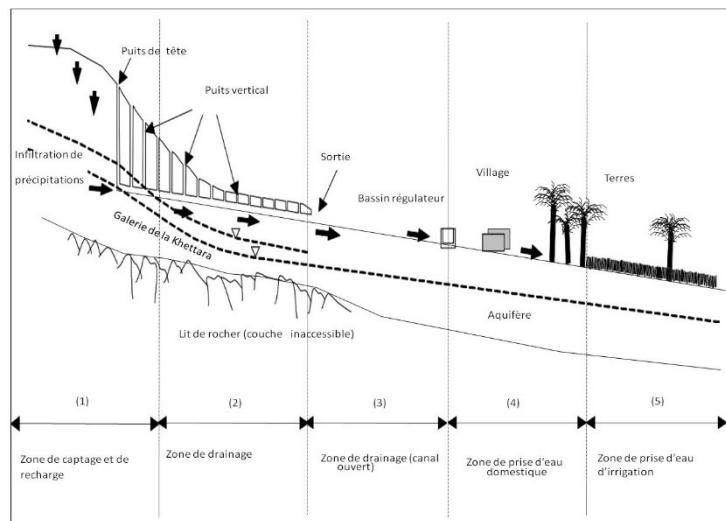
La fosse septique est dimensionnée pour un temps de séjour hydraulique de 3 à 5 jours et est conçue en deux compartiments. Dans le premier compartiment, qui occupe les deux tiers de la capacité totale de la fosse, se déroule la décantation; le deuxième compartiment, qui correspond au dernier tiers de la fosse, s'occupe de réduire l'encombrement.

L'implantation du lit percolateur à la sortie de la fosse septique permet d'améliorer la qualité des eaux usées (jusqu'à 80 pour cent de réduction de la DBO5). Le compartiment épurateur du LP est doté de mâchefer, de pouzzolane voire de gros cailloux de 2,5 m ou de sable (1,5 m) sur un support de gravier de 1 m de hauteur.

B) RÉSEAU DES KHETTARAS DESSERVANT FEZNA

Le réseau des khettaras qui alimentent la zone de Fezna comprend neuf khettaras. Il fait partie du grand réseau du Jorf, Arab-Sabbah-Gheris, qui compte au total 68 khettaras, dont 21 sont classées comme productives et 47 comme non productives. La majorité de ces khettaras se situent sur la rive droite de l'oued Gheris, légèrement superposées en parallèle. La structure générale d'une khettara est présentée dans la figure 20.

Figure 20. Structure générale d'une khattara avec ses principales zones constitutives



Source: FAO-ONEP, 2005.

Le système des khattaras dans sa totalité comprend cinq grandes zones qui participent étroitement et de manière dépendante à son fonctionnement global. En amont de la khattara se trouve la zone de captage à travers laquelle les eaux des crues et des pluies viennent s'infiltrer et jaillir dans la galerie de la khattara. Cette dernière constitue la seconde zone d'acheminement des eaux et est située en aval de la zone de captage.

Ensuite, vient la zone de drainage là où la galerie se situe à une profondeur superficielle. Généralement, cette zone est couverte par des dalles bétonnées pour éviter l'accumulation du sable dans la galerie.

Enfin, en fonction du type d'usage des eaux des khattaras, deux dernières zones les concluent: d'un côté, la zone de prise d'eau pour usage domestique, située dans et autour des agglomérations; de l'autre côté, la zone de prise d'eau pour l'irrigation; cette zone nécessite un bassin pour stocker et mieux réguler la distribution de l'eau d'irrigation entre les usagers.

À l'heure actuelle, et suite à la succession des années de sécheresses, une grande partie des khattaras situées au nord de Fezna et Jorf sont à sec. Les seules khattaras productives, avec des débits d'écoulement variables, se trouvent entre la région de Jorf et la région de Hannabou.

C) SYSTÈME D'IRRIGATION

Le système d'irrigation est la dernière composante importante du projet de REUT-ED, qui reste encore à mettre en place. Ce système d'irrigation assurera l'acheminement des eaux usées traitées de la STEP et des eaux de la khattara vers le périmètre irrigué, et ce, à travers des canaux d'irrigation. Un bassin de stockage, mutualisation et régulation des eaux destinées au périmètre irrigué sera construit au point de départ du canal principal d'irrigation. Il sera équipé d'une station de pompage pour amener l'eau jusqu'aux parcelles les plus éloignées. En aval, l'équipement des parcelles par le système goutte à goutte sera une option à encourager auprès des agriculteurs. En effet, l'irrigation par submersion, pratique largement dominante, reste peu efficace compte tenu des pertes par évaporation.

Le volume d'eau à la parcelle sera établi sur la base du système du tour d'eau. Ceci nécessite l'organisation des agriculteurs bénéficiaires du projet en association des usagers des eaux (AUE). Celle-ci se chargera de l'entretien du réseau d'irrigation et du curage des khattaras ainsi que de la gestion du tour d'eau.

6.1.5. Scénarios du projet de REUT-ED par l'agriculture

A) SITUATION DE RÉFÉRENCE: SCÉNARIO CONTREFACTUEL

La situation de référence correspond à la situation «sans projet de REUT-ED issues des khattaras». Pour cette situation contrefactuelle, aucune superficie agricole n'est irriguée par les EUB, les EUT ou encore les

ED issues des khettaras. Par rapport à l'horizon temporel considéré, la situation de référence du projet sera décrite par les indicateurs d'état de l'année 2021. Ces indicateurs de la situation des ressources en eau souterraines, des eaux usées traitées et des khettaras sont rapportés dans le tableau 22.

Tableau 22. Indicateurs d'état de la situation de référence du projet

Indicateurs d'état	Valeurs
Volume des eaux usées dans la STEP	780 m ³
Débit sortant de la STEP	1,5 litre/seconde
Nombre total de khettaras	13
Nombre de khettaras productives	0
Débit des eaux de drainage des khettaras	0 litre/seconde
Nombre de point d'eau	20
Nombre de forage	2
Nombre de puits collectif	1
Nombre de réservoir d'eau	3

B) SCÉNARIO ALTERNATIF RETENU

À l'heure actuelle, il est difficile de cerner la superficie agricole potentiellement irrigable à partir du projet de REUT-ED, et ce, en raison de la situation de blocage de la STEP et de l'état d'assèchement dans lequel se trouvent la totalité des khettaras de Fezna.

Ainsi, les résultats escomptés du programme de réhabilitation des khettaras et les débits d'eau attendus du projet restent fortement tributaires de la conjoncture pluviométrique des années à venir. De ce fait, il sera procédé à la simulation de plusieurs situations hypothétiques, mais réalistes, en vue de produire un maximum d'informations utiles à la conception future et la dimension des composantes du projet non encore réalisées. Ainsi, en plus du scénario contrefactuel, deux scénarios alternatifs sont considérés dont les principales variantes sont respectivement la superficie nouvellement irriguée par les EUT-ED ainsi que les proportions des cultures dans l'assolement (tableau 23).

Tableau 23. Principales variantes des scénarios alternatifs retenus

Scénarios considérés	Superficie nouvellement irriguée par les EUT-ED	Changements dans le système de cultures
Scénario contrefactuel	0 ha	Pas de changements
Scénario alternatif 1 (proposé dans le cadre de l'étude FAO-Maroc)	Augmentation de la superficie irriguée de 10 ha	Superficies des cultures avec les proportions de l'assolement pratiqué
Scénario alternatif 2	Augmentation variable de la superficie irriguée en fonction des débits hypothétiques des EUT-ED	Superficies des cultures variables en fonction des volumes d'eau d'irrigation simulés

Dans les deux scénarios alternatifs, la nouvelle superficie à irriguer à partir des EUT-ED issues des khettaras sera allouée prioritairement à quatre principales spéculations: le palmier-dattier, l'olivier, le maraîchage (carotte, poivron, tomate, oignon) et la luzerne. Les principales caractéristiques techniques et financières de ces cultures sont résumées dans le tableau 24. Pour les cultures pérennes (palmier-dattier, olivier et luzerne), les valeurs présentées correspondent à la situation de production en régime de croisière. Pour les cultures annuelles (légumineuses, maraîchage et céréales), les valeurs correspondent aux normes de production dans le contexte oasien.

Tableau 24. Caractéristiques des cultures retenues par les scénarios alternatifs

Cultures	Besoin en eau (m ³ /an)	Rendement moyen (T/ha)	Coûts de production (dirham marocain [MAD]/ha)	Prix de vente (MAD/unité)	Valeurs de production (MAD/ha)	Bénéfices (MAD/ha)
Blé	4 600	18	6 400	4,5	7 290	3 890
Maraîchage	6 100					
- Poivron		14	11 500	2,5	31 500	20 000
- Oignon		18,5	8 000	3	49 950	41 950
- Tomate		21	14 000	1,75	33 075	19 075
- Carotte		14	6 700	1,5	18 900	12 200
Légumineuses	9 500	21	8 200	7	13 230	5 030
Luzerne	23 900	7	8 100	350	22 050	13 950
Dattes	13 300	4	5 000	20	72 000	67 000
Olivier	5 000	6	3 360	5	27 000	23 640

6.2. Analyse coûts-bénéfices du projet Fezna

6.2.1. Introduction

Ce chapitre concerne les résultats de l'analyse coûts-bénéfices (ACB) du projet de REUT-ED dans la commune oasienne de Fezna. Les résultats dégagés s'appuient, en partie, sur les données disponibles, issues de l'étude de faisabilité du réseau d'assainissement de Fezna réalisée dans le cadre du Projet d'adaptation au changement climatique vers des oasis résilientes ainsi que sur les données collectées auprès du service technique de la commune de Fezna. Trois principaux aspects sont couverts par l'ACB, à savoir: i) épuration des eaux usées, ii) traitement tertiaire complémentaire des eaux usées traitées (catégorie A), et iii) réhabilitation des khetaras et des canaux d'irrigation.

La section relative aux coûts du projet porte respectivement sur les coûts d'investissement et d'exploitation de la STEP (non considérés dans l'ACB), les coûts du traitement tertiaire complémentaire, les coûts de réhabilitation des khetaras et des canaux d'irrigation et les coûts des productions agricoles. La section relative aux bénéfices du projet comprend les chiffres d'affaires dégagés par l'activité agricole de l'ensemble des agriculteurs bénéficiaires ainsi que l'ensemble des avantages environnementaux associés à la mutualisation des EUT-ED.

Ensuite, l'accent est mis sur l'analyse financière et économique du projet de REUT-ED, notamment le calcul des différents ratios de viabilité financière et économique (VAN, TRIF, DR), ainsi que l'analyse de la sensibilité aux changements des principaux paramètres économiques tels que les prix, les subventions financières, la tarification de l'eau usée traitée, etc.

Avant d'aborder ces résultats, il est indispensable de préciser les hypothèses émises pour l'estimation des coûts d'exploitation de certaines composantes pour lesquelles les données ne sont pas disponibles ainsi que les considérations au sujet de la fixation de quelques paramètres clés de l'ACB du projet, tels que l'horizon temporel, le taux d'actualisation, le taux d'inflation, les objectifs de rendements et les normes de production.

Par ailleurs, il importe aussi de souligner que plusieurs données sur les eaux usées traitées ne sont pas disponibles, notamment celles concernant leur qualité biologique et chimique. Ainsi, jusqu'à présent, aucune étude de faisabilité technique n'a été réalisée pour le module du traitement tertiaire complémentaire. Il en est de même pour les aménagements hydroagricoles et les équipements d'irrigation nécessaires. À cela vient s'ajouter l'absence d'un programme de réhabilitation des khetaras et des canaux de distribution de l'eau.

6.2.2. Considérations et hypothèses de calcul

A) CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les principales considérations nécessaires pour assurer la faisabilité technique du projet de mutualisation des EUT et ED et leur réutilisation à des fins agricoles peuvent être résumées dans les points suivants:

- un débit des eaux usées brutes suffisant et une STEP opérationnelle;
- un module de traitement tertiaire complémentaire pour des eaux usées traitées de catégorie A;
- un réseau de khetaras productives au débit d'eau suffisant et permanent;
- des ouvrages de recharge et des canaux de distribution de l'eau d'irrigation;
- des équipements d'irrigation à la parcelle pour l'économie d'eau;
- une organisation professionnelle efficace des agriculteurs bénéficiaires pour gérer et entretenir le réseau d'irrigation.

L'ensemble de ces conditions est supposé réuni dans le cadre de l'ACB du projet de REUT-ED de Fezna.

Voici les détails des considérations émises sur la consistance et l'estimation des coûts des différentes composantes du projet.

B) BASES DE CALCUL

Les principales hypothèses émises pour l'estimation des coûts et bénéfices du projet ainsi que le calcul des indicateurs financiers et économiques se présentent comme suit:

- durée de vie du projet: 40 ans, de 2022 à 2061;
- année de référence: 2022;
- taux d'actualisation: 6 pour cent;
- nombre de khetaras productives: 6;
- débit moyen des EUT-ED mutualisées: 4 litres/seconde;
- superficie nouvellement irriguée: 10 ha;
- équivalent-habitants (EH): 5 000;
- coût du traitement primaire et secondaire des eaux usées: 300 MAD/EH;
- coût du traitement tertiaire des eaux usées: 400 MAD/EH;
- coût de réhabilitation d'un mètre de khetara: 1 800 MAD/m;
- coût de réhabilitation d'un mètre de canal en béton: 500 MAD/m;
- coût d'aménagement d'un mètre de canal en béton: 15 MAD/m;
- coût d'entretien et de maintenance des khetaras:
 - avant réhabilitation: 17 000 MAD/km/an
 - après réhabilitation: 1 000 MAD/km/an
- coût financier d'entretien des canaux:
 - canal en terre: 1 250 MAD/km/an
 - canal en maçonnerie: 500 MAD/km/an
 - canal en béton: 250 MAD/km/an

6.2.3. Estimation et analyse des coûts du projet

A) COÛTS D'INVESTISSEMENT POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES - STEP DE FEZNA

Les principaux investissements relatifs aux traitements des eaux usées par la STEP de Fezna se composent des postes suivants:

- étude de base et assistance technique;
- construction de la fosse septique;
- installation des lits percolateurs;
- module du traitement tertiaire complémentaire;
- gestion et imprévus.

L'estimation des coûts des différentes composantes de la STEP de Fezna, y compris le système d'assainissement, a donné un total de 18,12 millions de MAD (tableau 25). Les coûts d'investissement pour le traitement tertiaire complémentaire se situent autour de 3,38 millions de MAD.

Tableau 25. Coûts des investissements des composantes de la STEP de Fezna

Désignation	Montants (MAD)
Étude de faisabilité et assistance technique (2%)	370 000
Réseau de collecte et transport	11 120 000
Fosse septique et lits percolateurs	2 300 000
Module de traitement tertiaire	3 380 000
Imprévus et gestion (10%)	950 000
Total des coûts des investissements (MAD)	18 120 000

En considérant le volume des eaux usées traitées par la STEP de Fezna, soit en moyenne 100 m³/jour, le coût moyen du traitement tertiaire complémentaire est de l'ordre de 2,32 MAD/m³. Ce coût est plus élevé lorsqu'on intègre les autres composantes des investissements, non incluses dans le périmètre de l'ACB, notamment le système d'assainissement et les traitements primaire et secondaire, soit respectivement 13,06 MAD/m³ et 10,75 MAD/m³ (tableau 26).

Tableau 26. Coûts moyens des différents traitements des eaux usées – STEP de Fezna

Coût total moyen (MAD/m ³)	Volumes des eaux usées traitées (m ³ /jour)		
	100	150	250
Assainissement, épuration avec traitement tertiaire	13,06	8,71	5,22
Assainissement, épuration sans traitement tertiaire	10,75	7,16	4,30
Traitement tertiaire	2,32	1,54	0,93

B) COÛTS D'INVESTISSEMENT POUR LA RÉHABILITATION DES KHETTARAS ET DES CANAUX

Au total, la commune de Fezna compte actuellement 13 khettaras qui sont, dans leur totalité, à sec. C'est dire que le projet de mutualisation des EUT-ED à l'échelle de Fezna a besoin au préalable d'un programme de réhabilitation des khettaras et des canaux de distribution, avec éventuellement des ouvrages de recharge et de déviation.

Dans le cadre de l'ACB, et afin d'éclairer la prise de décision au sujet de la pertinence et de l'utilité sociale des projets de REUT-ED issues des khettaras en agriculture, il a été décidé de prendre en considération la situation hypothétique suivante: un ensemble de cinq khettaras (près de 50 pour cent du total) serait mis en eau à partir de la deuxième année du lancement du projet, avec un débit moyen de 4 l/s pour chaque khettara productive. Le programme des opérations de réhabilitation des khettaras et des canaux a concerné respectivement les galeries de captage et zones de recharge, les galeries d'adduction, les canaux d'eau, les prises d'eau domestique et les prises de l'eau d'irrigation. La consistance de chacune de ces opérations est détaillée dans le tableau 27.

Tableau 27. Consistance du programme de réhabilitation des khettaras et des canaux

Niveaux d'intervention	Consistance de la réhabilitation des khettaras
Galerie de captage zone de recharge	- Extension de la galerie de captage des khettaras. - Protection et renforcement des parois la galerie en béton.
Galerie adductrice de khettaras	- Revêtement du canal de la galerie. - Installation des puits verticaux.
Canal d'eau	- Construction du canal ouvert avec revêtement de béton. - Élargissement du canal ouvert. - Pose des couvercles.
Prise d'eau domestique	- Construction des lavoirs et des prises d'eau potable en béton. - Séparation du lavoir et de la prise de l'eau de potable.
Prise d'eau d'irrigation	- Construction du canal principal en béton ou en pierre.

Sur la base des coûts unitaires retenus (1 800 MAD/m pour la réhabilitation des khetaras et 500 MAD/m pour la réhabilitation des canaux) et en fonction des quantités des travaux à réaliser (2 500 m et 600 m), le coût global du programme de réhabilitation des khetaras et des canaux de Fezna est estimé à environ 4,9 millions de MAD, soit une moyenne de l'ordre de 800 000 MAD par khetara (tableau 28).

Tableau 28. Coûts du programme de réhabilitation des khetaras et des canaux

Désignation	Longueur (m)	Prix unitaire (MAD/m)	Coût global (MAD)
Réhabilitation des khetaras	2 500	1 800	4 500 000
Réhabilitation des canaux	600	500	300 000
Assistance technique			50 000
Gestion et imprévus			30 000
Total réhabilitation des khetaras et canaux	-	-	4 880 000

Les coûts d'investissement des deux premières composantes du projet de REUT-ED issues des khetaras sont estimés à environ 9,5 millions de MAD, ce qui va générer des coûts fixes annuels (dotations aux amortissements des immobilisations) de l'ordre de 239 500 MAD/an durant la durée de vie du projet (40 ans).

Tableau 29. Coûts d'investissement des composantes du projet REUT-ED de Fezna

Désignation	Montant (MAD)
Traitement tertiaire complémentaire	3 380 000
Réhabilitation des khetaras	4 500 000
Réhabilitation des canaux	300 000
Frais de gestion et imprévus	980 000
Etudes et assistance technique	420 000
Total des coûts d'investissement du projet (en MAD)	9 580 000

C) COÛTS D'EXPLOITATION DU PROJET DE REUT-ED

Le fonctionnement de la STEP, et tout particulièrement le module du traitement tertiaire complémentaire, nécessitera de la main-d'œuvre, de l'électricité et des analyses par les laboratoires de la qualité des eaux usées traitées. De même, les problèmes d'ensablement nécessiteront des opérations régulières de maintenance et d'entretien des khetaras et des canaux d'eau. Ainsi, les coûts annuels d'exploitation du projet de REUT-ED sont estimés à environ 107 831 MAD/an (tableau 30). Le poste le plus important de ces charges d'exploitation demeure la maintenance et l'entretien des khetaras, soit une moyenne de 1 200 MAD/mètre.

Tableau 30. Coûts annuels d'exploitation du projet de REUT-ED de Fezna (MAD/an)

Postes de charges variables	Valeurs moyennes (DH/an)
Main-d'œuvre	24 000
Énergie-électricité	6 221
Analyses par les laboratoires des eaux usées	3 110
Entretien et maintenance des khetaras	62 500
Entretien et maintenance des canaux	12 000
Total des charges variables	107 831

D) COÛT TOTAL MOYEN DE LA MUTUALISATION DES EUT-ED ISSUES DES KHETTARAS

En considérant les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation du projet de REUT-ED issues des khetaras de la commune de Fezna, le coût total moyen annuel sera de l'ordre de 347 300 MAD (tableau 31). La part des coûts d'investissement est de 68 pour cent et celle des coûts d'exploitation de 31 pour cent. En considérant un débit moyen des eaux usées traitées et des eaux de drainage issues des khetaras de 4 l/s (345,6 m³/jour), le coût total moyen de mutualisation des REUT-ED se situera autour de 2,75 MAD/m³. Ce niveau baissera en fonction de l'augmentation des débits des eaux mutualisées, soit 0,3 MAD/m³ pour un débit moyen de 8 l/s (691,2 m³/jour).

Tableau 31. Coût total moyen de mutualisation des EUT-ED de Fezna

Coût d'investissement (MAD/an)	Coût d'exploitation (MAD/an)	Coût total moyen (MAD/an)	Débit (l/s)	Volume d'eau (m ³ /jour)	Coût moyen au m ³ (MAD/m ³)
239 500	107 831,20	347 331,20	4	345,6	2,75
			8	691,2	1,38

E) COÛTS DE PRODUCTION DES CULTURES IRRIGUÉES À PARTIR DE REUT-ED DE FEZNA

La formulation initiale du projet «Mutualisation des EUT et ED issues des khetaras pour la revitalisation de l'agroécosystème oasien de Fezna» stipule d'irriguer un potentiel de 10 hectares (FAO-Maroc, 2020).

Toutefois, cette superficie semble insuffisante pour couvrir les coûts des investissements consentis par le projet. Ainsi, les estimations réalisées révèlent un débit de 8 litres/seconde comme minimum nécessaire à la rentabilisation des investissements du projet. Sur cette base, et compte tenu des besoins en eau des cultures préconisées, il est possible d'irriguer 22 ha, et ce, sans considérer l'effet de l'intensification culturale. En effet, en zone oasienne, trois principales strates coexistent (palmier-dattier, arbres fruitiers, herbacées) avec un taux d'intensification très élevé.

La répartition des cultures sur les 22 hectares ainsi que les coûts de production correspondants sont rapportés dans le tableau 32. Ainsi, les coûts de production agricole occasionneront un total d'environ 148 700 MAD chaque année.

Tableau 32. Coûts de production des cultures irriguées par les EUT-ED de Fezna

Cultures préconisées	Superficie (ha)	Coûts de production (MAD/ha)	Total des coûts de production (MAD/an)
Maraîchage:			
· Poivron	2	11 500	23 000
· Oignon	2	8 000	16 000
· Tomate	1	14 000	14 000
· Carotte	2	6 700	13 400
Luzerne	5	8 100	40 500
Dattes	5	5 000	25 000
Olivier	5	3 360	16 800
Total	22		148 700

6.2.4. Estimation des produits d'exploitation du projet

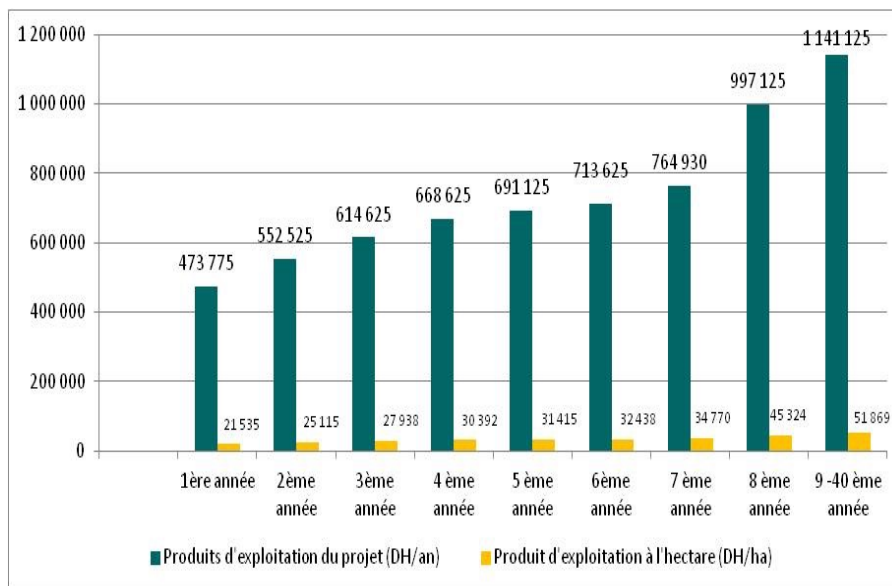
L'estimation des produits d'exploitation qui pourraient être générés par le projet d'irrigation des 22 hectares irrigués à partir de la mutualisation des EUT-ED a fait ressortir une moyenne annuelle, en régime de croisière, de l'ordre de 900 000 MAD (tableau 33). Ces produits d'exploitation passeraient respectivement de 233 770 MAD durant la première année, à 428 625 MAD la quatrième année, pour atteindre 757 125 MAD la huitième année. Sur cette base, le produit d'exploitation à l'hectare évoluerait de 10 626 MAD la première année à 40 960 MAD à partir de la neuvième année du projet.

Tableau 33. Produit d'exploitation des cultures irriguées du projet de REUT-ED de Fezna

Activité	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année	6 ^{ème} année	7 ^{ème} année	8 ^{ème} année	9 ^{ème} année
Poivron	63 000	63 000	63 000	63 000	63 000	63 000	63 000	63 000	63 000
Tomate	33 075	33 075	33 075	33 075	33 075	33 075	33 075	33 075	33 075
Carotte	37 800	37 800	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900
Oignon	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900	99 900
Olivier	0	0	0	22 500	45 000	67 500	90 000	135 000	135 000
Datte	0	0	0	0	0	0	28 805	216 000	360 000
Luzerne	0	78 750	78 750	110 250	110 250	110 250	110 250	110 250	110 250
Total (DH/an)	233 775	312 525	374 625	428 625	451 125	473 625	524 930	757 125	901 125
Moyenne (DH/ha)	10 626	14 206	17 028	19 483	20 506	21 528	23 860	34 415	40 960

En considérant l'activité d'élevage représentée par un troupeau d'ovins de 200 têtes, le produit d'exploitation global du projet serait de l'ordre de 1,15 million de MAD/an à partir de la neuvième année du projet. Il s'ensuit que le produit d'exploitation à l'hectare se situerait autour de 52 000 MAD en régime de croisière. La figure suivante rapporte l'évolution du produit d'exploitation annuel du projet en fonction de sa durée de vie.

Figure 21. Évolution du produit d'exploitation du projet de REUT-ED de Fezna



Source: élaboré par les auteurs.

En plus de l'amélioration du revenu des petits agriculteurs oasiens et de la contribution à la réduction de la pauvreté et de l'exode rural, le projet de REUT-ED issues des khattaras de Fezna générerait aussi plusieurs externalités environnementales et sociales importantes. Ces externalités positives sont les suivantes:

- maintien du potentiel de subsistance des populations à travers l'agriculture irriguée;
- renforcement de la résilience de l'agroécosystème oasien par l'augmentation des ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles;
- atténuation des stress hydriques par le développement des bonnes pratiques de mutualisation des ressources en eau et d'optimisation de leur usage;
- amélioration des conditions d'hygiène et de santé des populations locales;
- contribution à la préservation du patrimoine phoenicicole;
- maintien de la verdure et des attributs typiques du paysage oasien.

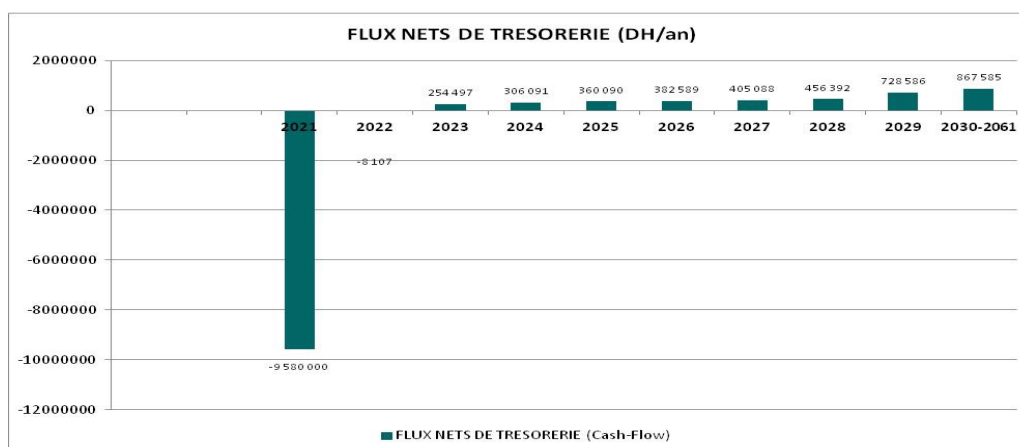
6.2.5. Analyse de la rentabilité financière du projet

L'analyse de la rentabilité financière du projet de REUT-ED de Fezna a considéré un montage financier totalement fondé sur le financement par l'État. Il s'ensuit que le recours à des crédits ou encore à la contribution des bénéficiaires ne sont pas retenus. Les bases de calcul des flux nets de trésorerie (FNT) se présentent comme suit:

- Il n'y a pas de redevance pour les eaux usées traitées et les eaux de drainage des khattaras.
- Les besoins de fonds de roulement (BFR) sont nuls.
- La valeur résiduelle des investissements initiaux est nulle.
- Les subventions d'investissement ne sont pas comptabilisées.
- Le taux d'actualisation considéré est de 6 pour cent.
- Le taux d'inflation est de 1 pour cent.

Ainsi, le tableau des ressources-emplois du projet, permettant de générer les FNT, a fait ressortir un total de 21,07 millions de MAD sur l'ensemble de la période 2021-2061, avec une moyenne annuelle de 513 860 MAD. L'évolution des FNT en fonction du temps est résumée dans la figure suivante:

Figure 22. Flux nets de trésorerie du projet de REUT-ED de Fezna



Source: élaboré par les auteurs.

L'évolution des flux nets de trésorerie du projet, actualisés à un taux de 6 pour cent, donne une valeur nette actualisée (VAN) juste supérieure à 0, et un taux de rentabilité interne (TRI) légèrement supérieur à 6 pour cent (tableau 34). La valeur nette actualisée obtenue est de l'ordre de 169 540 MAD, ce qui montre que le projet est financièrement rentable pour un taux d'actualisation de 6 pour cent. Le taux de rentabilité interne se situe autour de 6,12 pour cent. Cependant, pour des taux d'actualisation supérieurs à 6 pour cent, soit 8 et 10 pour cent, la VAN est négative, ce qui veut dire que le projet est financièrement non rentable.

Tableau 34. VAN et TRI du projet de REUT-ED de Fezna

VAN (4%)	VAN (6%)	VAN (8%)	VAN (10%)	TRI
3 915 430,62	169 540,31	-2 153 767,91	-3 640 998,56	6,12%

De ces résultats financiers, il apparaît que la rentabilité financière du projet est fortement tributaire de la gratuité des redevances pour l'eau d'irrigation et d'un mode de financement totalement supporté par l'État. Ainsi, les débits d'eau considérés dans les estimations semblent être supérieurs par rapport à la situation réelle sur le terrain, sachant que la totalité des khattaras de Fezna sont actuellement à sec.

7. CAS DE LA MAURITANIE

7.1. Projet pilote d'assainissement des eaux usées de la ville de Nouakchott

L'analyse concernera un projet important que la Mauritanie envisage de mettre en place avec l'appui de ses partenaires de développement.

Dans ce chapitre, il s'agit d'un projet d'assainissement des eaux usées de la ville de Nouakchott, qui est subdivisé en trois pôles. Chaque pôle couvre quelques moughataas de la ville de Nouakchott: le pôle A pour la zone nord-ouest, le pôle B pour la zone nord-est et le pôle C pour la zone sud-ouest. Parmi ces pôles, le pôle B a été retenu.

7.1.1. Description du projet d'assainissement des eaux usées de Nouakchott (Pôle B)

Le pôle B regroupe les moughataas de Teyarett, Dar Naim et Toujounine, soit environ 39 pour cent de la population de la ville de Nouakchott, mais dont la consommation en eau, de par la typologie de l'habitat et les dotations correspondantes correspond à environ 23 pour cent de la consommation totale de la ville.

Le réseau projeté pour la collecte des eaux usées du pôle B concerne les moughataas de Teyarett, Dar Naim et Toujounine. Il est composé de collecteurs principaux longeant les voies existantes et prévus par le schéma directeur d'aménagement d'urbanisme (SDAU) et de stations de relevage implantées le long des collecteurs structurants traversant plusieurs bassins, permettant ainsi d'éviter de caler le réseau à des profondeurs excessives et des stations de refoulement pour le transfert vers les pôles d'épuration.

Le réseau projeté pour la collecte des eaux usées du pôle B est conçu de façon à ce que tous les collecteurs existants soient interceptés vers la station d'épuration qui se situe au nord-est du pôle B, de façon à permettre le raccordement de toutes les zones urbanisées d'un habitat dense en passant par les principales artères de la zone étudiée, et ce, par l'extension des réseaux secondaires et tertiaires existants.

Le projet porte donc sur les collecteurs et les ouvrages suivants:

- Le collecteur B a une longueur de 9,9 km. Il assurera l'acheminement des eaux usées de la zone d'intersection des limites des pôles A, B et C jusqu'à la conduite du refoulement du pôle B du côté nord-est avec un diamètre variant de Ø 500 à Ø 1 000. Il abrite cinq stations de relevage: SRB 1, SRB 2, SRB 3, SRB 5, SRB 6 et SRB et constitue l'exutoire de six antennes d'une longueur totale de 9,2 km.
- Les collecteurs BK1, BK, BI et BJ desservent successivement la partie nord-ouest du pôle B pour déverser au final les eaux usées dans le collecteur B. Les diamètres varient de Ø 300 à Ø 800.
- Au niveau du collecteur BI, un tronçon de refoulement projeté en PVC Ø 200 PN 10 prend naissance à l'amont du collecteur à partir de la station de pompage SPB1 après un tronçon gravitaire. Il réceptionne la seule antenne BI.1 présente dans cette zone.
- Au niveau du collecteur BJ, un tronçon de refoulement de Ø 400 est projeté en PVC PN 10 avec la station de pompage SPB2.
- Le collecteur de refoulement du pôle B CPB refoule l'ensemble des eaux usées du pôle B vers la station d'épuration avec en tête la station de pompage SPB. La conduite est d'un linéaire de 4,34 km projetée avec un diamètre Ø 800 en PEHD PE 100 PN 10.

7.1.2. Objectifs du projet pilote (EUT)

Le projet vise deux grands objectifs majeurs:

• EN MATIÈRE D'ASSAINISSEMENT

Comme le stipule l'étude du Fonds arabe pour le développement économique et social (FADES), la zone couverte par le pôle B regroupe 39 pour cent de la population de Nouakchott. Le nombre d'habitants de cette zone qui était de 393 045 en 2015 passera à 1 103 197 habitants en 2045. Cette zone est desservie à hauteur de 23 pour cent en eau potable actuellement et, en 2045, à hauteur de 65 pour cent, ce qui va augmenter considérablement le volume d'eaux usées à évacuer. Actuellement, le système d'assainissement est exclusivement composé de latrines individuelles vidées par des citernes.

La situation actuelle des eaux usées à Nouakchott, et particulièrement dans les zones de grandes concentrations humaines comme la zone couverte par le pôle B, représente un problème très sérieux de santé humaine: cette eau s'échappe des fosses septiques et forme des lacs artificiels dans la ville où les enfants et les animaux non surveillés peuvent entrer et même boire l'eau. Avant l'opération d'assainissement menée par les Chinois, toute la ville était parsemée de ces lacs qui commencent à tarir progressivement. Avec le branchement actuellement en cours des conduites d'eau potable venant d'Aftout Sahéli qui vont alimenter toute la ville de Nouakchott, la quantité d'eau usée à évacuer sera très importante et nécessitera un système d'assainissement performant.

Actuellement, les fosses septiques individuelles, qui constituent la quasi-totalité du système d'assainissement dans cette zone, sont vidées par des citernes d'une capacité de 10 tonnes, qui coûtent au moins 20 000 ouguiyas (MRU) par voyage, ce qui n'est souvent pas à la portée des populations. Si ces fosses ne sont pas vidées à temps, elles débordent et inondent les voisins et parfois les rues du quartier.

La mise en place du projet permettra d'améliorer considérablement la santé des populations par la disparition des eaux usées, améliorera le confort et le bien-être en évitant la propagation des mauvaises odeurs et fera réaliser des économies importantes pour ces populations pauvres qui n'arrivaient pas à prendre en charge la vidange de leurs fosses. En effet, une ville ne peut être vivable que si son système d'assainissement est fonctionnel.

• SUR LE PLAN AGRICOLE

Quatre-vingt-dix pour cent des besoins maraîchers de la ville de Nouakchott sont importés des pays voisins de la Mauritanie. La zone du pôle B était auparavant une grande zone maraîchère, mais avec l'augmentation des besoins en eau potable des populations, l'agriculture s'est retrouvée confrontée à des déficits hydriques très importants qui ont entraîné l'abandon par plusieurs agriculteurs de cette activité lucrative. Par ailleurs, le manque d'engrais et d'amendements organiques ont appauvri le sol dont la

productivité est actuellement au plus bas niveau. Les superficies actuellement cultivées en maraîchage dans cette zone ne dépassent pas 30 ha. Le monde paysan local autrefois regroupé en coopératives et puis en unions de coopératives s'est disloqué et les rescapés trouvent de maigres recettes principalement par la vente de la menthe et survivent très difficilement.

Le projet lèvera la principale contrainte qu'est le manque d'eau, et améliorera considérablement la qualité des sols par les amendements organiques qu'il va apporter. Cela permettra de mettre en culture 425 ha contre 30 ha actuellement avec une productivité élevée et la possibilité de faire trois campagnes maraîchères par an, ce qui permettra de couvrir 50 à 60 pour cent des besoins en maraîchage de la ville de Nouakchott.

Les paysans qui avaient abandonné leurs parcelles reviendront et auront des revenus décents qui leur permettront de subvenir aux besoins de leurs familles et, pourquoi pas, de faire d'autres investissements importants.

7.1.3. Objectif de l'analyse coûts-bénéfices

L'objectif de l'analyse est de prouver aux pouvoirs publics et à leurs partenaires de développement la faisabilité et l'importance de la mise à exécution de l'étude du projet d'assainissement de la ville de Nouakchott, et surtout le pôle B, étant donné les bienfaits qu'il apportera pour la santé des populations de cette zone et pour le développement des cultures maraîchères.

En effet, la relance de la production maraîchère nationale est primordiale pour éviter les ruptures d'approvisionnement provenant de l'étranger en raison de la fermeture des frontières et d'autres situations qui pourraient survenir à tout moment. Enfin, l'importante population vivant de cette activité devra être redynamisée et encadrée pour relancer cette production vitale pour le pays.

Il est à noter que, conformément à l'étude du système d'assainissement, les périodes retenues pour les calculs sont 2020 pour la situation actuelle et 2045 qui est la date retenue correspondant à la durée de vie du projet. L'horizon temporel sera donc de 25 ans, ce qui est une durée raisonnable pour ce genre d'investissement. Par conséquent, tous les calculs seront faits pour ces deux dates. L'actualisation des coûts et bénéfices sera faite pour cette période de 25 ans.

7.1.4. Situation actuelle avant le projet (année 2020)

La production maraîchère actuelle est insignifiante et la grande majorité des paysans ont abandonné leurs parcelles faute de revenus décents. L'eau d'irrigation constitue la plus grande contrainte ainsi que la pauvreté des sols qui sont cultivés depuis des décennies sans amendements.

En matière d'assainissement, les fosses septiques individuelles constituent les seules structures d'assainissement des eaux usées, leur vidange coûte très chère par rapport au pouvoir d'achat des populations, ce qui entraîne souvent des trop-pleins de ces fosses et leur déversement dans les rues, provoquant des mares d'eaux usées qui constituent un danger pour la santé des populations et des animaux de cette zone.

A) ÉTUDE D'IMPACT

L'impact de la production maraîchère actuelle sur les paysans à Nouakchott est présenté dans le tableau suivant 35.

Tableau 35. Impact de la production agricole sur les paysans

Rubriques	Situation actuelle en 2020	Impact
Superficies cultivées/an	30 ha	Superficie très limitée
Production estimée/an	30*10 t/ha = 300 t	Production faible
Nombre de paysans	30/0,3 = 100 paysans	Nombre de paysans faible
Main-d'œuvre	2 employés/paysan = 200	Main-d'œuvre faible
Couverture des besoins du marché	5 %	Couverture des besoins du marché insignifiante

• Impact au niveau social des périmètres maraîchers

Le nombre de paysans impliqués actuellement dans les cultures maraîchères ne dépasse pas la centaine, qui emploient tout au plus 200 ouvriers, ce qui est négligeable par rapport à une demande d'emploi très

importante, surtout au niveau des grandes villes comme Nouakchott. Aucun apport pouvant améliorer les conditions de vie des populations de cette zone ne provient de ces cultures maraîchères, qui sont encore pratiquées essentiellement pour conserver la terre afin qu'elle ne soit pas utilisée à d'autres fins.

- **Impact au niveau économique des périmètres maraîchers**

Si le revenu global des 30 ha est de 90 millions de MRU et que le nombre de paysans est de 100, chaque paysan aura un revenu annuel de 900 000 MRU, soit 2 571 USD au taux de change d'avril 2023, ce qui est négligeable. Par ailleurs, la production maraîchère actuelle n'influe en rien sur l'importation du maraîchage à Nouakchott ni sur les prix du marché.

- **Impact au niveau sanitaire**

Les latrines individuelles déversent les eaux usées dans les rues des quartiers très peuplés et constituent un risque important pour la propagation des maladies. Les coûts de vidange de ces latrines sont très élevés par rapport au pouvoir d'achat des populations de cette zone, ce qui entraîne souvent le débordement des latrines pendant plusieurs semaines si ce n'est plusieurs mois avant qu'elles ne soient vidées. Cette situation est à l'origine de plusieurs maladies qui nécessitent des consultations médicales et des médicaments, ce qui impacte financièrement des familles déjà très éprouvées.

B) ÉTUDE DES COÛTS

- **Coûts engendrés par l'exploitation des périmètres maraîchers irrigués par les eaux de Nouakchott**

Les superficies actuelles mises en cultures maraîchères à Nouakchott sont estimées à 30 ha. Selon les estimations des experts spécialistes en maraîchage, les charges pour la mise en culture d'un ha de maraîchage se chiffrent à:

- kit matériel horticole: 300 000 MRU;
- intrants et semences: 200 000 MRU;
- total: 500 000 MRU

Si la superficie mise en culture actuellement est de 30 ha, la charge totale d'exploitation du potentiel maraîcher sera de $30 \times 500\,000$, soit 15 millions de MRU par campagne. Si le paysan ne fait qu'une seule campagne par an, les charges annuelles d'exploitation de 30 ha seront de 15 millions de MRU (42 857 USD).

- **Coûts engendrés par la vidange des fosses individuelles des habitants de la zone du pôle B**

Actuellement, la population du pôle B est de 393 045 habitants. Si on suppose qu'un ménage en général est composé de cinq personnes, cela représente 78 609 ménages. Chaque ménage fait la vidange de sa fosse tous les trois mois en moyenne pour un coût de 20 000 MRU par citerne, soit quatre vidanges par an. Le coût annuel des vidanges des fosses se monte donc à $78\,609 \times 4 \times 20\,000$, soit 6,3 milliards de MRU (18 millions d'USD).

- **Coûts totaux supportés par les populations**

$18\text{ millions} + 42\,857 = 18,04\text{ millions d'USD}$

C) ÉTUDE DES BÉNÉFICES

- **Bénéfices engendrés par les actions de production de maraîchage**

La superficie totale mise en culture est de 30 ha. Si le rendement moyen est de 10 t/ha, que les agriculteurs font une seule campagne par an et que le prix moyen de la tonne de maraîchage est de 300 000 MRU, le revenu des agriculteurs sera de: $30 \times 10 \times 300\,000$, soit 90 millions de MRU (257 143 USD).

- **Bénéfices engendrés par les opérations d'assainissement**

Les populations de la zone ne bénéficient d'aucun apport financier pour les opérations de vidange des fosses, sauf peut-être une satisfaction morale temporaire puisque le répit ne dure que trois mois.

- **Bénéfices totaux au profit des populations**

$257\,143 + 0 = 257\,143\text{ USD}$

En conclusion, le tableau suivant récapitule les coûts, les bénéfices et les impacts.

Tableau 36. Situation actuelle du projet pilote d'EUT (coûts, bénéfices et impacts)

Projet pilote EUT	Coûts (USD)	Bénéfices (USD)	Impacts
Exploitation maraîchage	42 857	257 143	Malgré un léger profit au niveau de l'exploitation du périmètre maraîcher, la balance de paiement des paysans semble largement déficitaire avec un surplus de charges annuelles de l'ordre de plus de 17 millions d'USD.
Assainissement	18 millions	0	
Total	18,04 millions	0,26 million	

7.1.5. Situation envisagée avec le projet (en 2045)

A) ÉTUDE D'IMPACT

- **Impact de l'utilisation des eaux usées traitées d'assainissement sur le développement agricole**

En 2045, le pôle B a la possibilité de disposer de 425 ha de cultures maraîchères contre 30 ha, soit près de 14 fois plus. Le rendement actuel, selon les techniciens locaux, ne dépasse pas 10 t/ha en raison du manque d'eau et de la faible fertilité des sols. Avec l'utilisation des eaux usées et les engrais organiques qui seront disponibles, le rendement sera au moins triplé et l'agriculteur pourra faire trois campagnes par an au lieu d'une seule actuellement.

Le tableau suivant présente les impacts de l'utilisation des eaux usées traitées sur la production maraîchère à Nouakchott.

Tableau 37. Impacts de l'utilisation des EUT sur la production maraîchère à Nouakchott

Rubriques	Situation envisagée en 2045	Impacts
Superficies cultivées	425 ha	Augmentation de la superficie
Production estimée	425*30 t/ha=12 750 t	Augmentation de la production
Nombre de paysans	12 750/0,3 = 42 500	Augmentation du nombre de paysans
Main d'œuvre	2*42 500 = 85 000	Augmentation de la main d'œuvre
Besoins du marché	50%	Augmentation de la couverture des besoins du marché

- **Impact social des périmètres maraîchers**

Avec plus de 42 500 paysans qui vont travailler dans ces périmètres ainsi que plus de 85 000 ouvriers, le secteur du maraîchage à Nouakchott concentrera une masse humaine importante qui sera obligée de s'organiser en coopératives ou en fédérations, ce qui permettra à ces organisations d'être plus efficaces en matière de défense des droits des travailleurs et de négocier valablement avec les administrations concernées. Cela donnera un élan très important à la production maraîchère fortement délaissée actuellement au profit des importations du Maroc et du Sénégal et peut même entraîner l'industrialisation du secteur où certaines transformations de jus et de concentrés pourront commencer à voir le jour.

La commercialisation impliquera plusieurs opérateurs quand ils verront que les chiffres d'affaires des maraîchers sont devenus importants, ce qui entraînera des formations et des spécialisations dans certains domaines, ce qui se répercutera positivement sur la productivité, sur la production et surtout sur l'emploi des chômeurs.

Ces opérations de développement du maraîchage peuvent donner des idées aux autres régions qui voudront imiter l'élan des agriculteurs de Nouakchott.

- **Impact économique des périmètres maraîchers**

Avec un revenu par hectare et par campagne très important, l'agriculteur couvre tous ses besoins ainsi que ceux de sa famille et pourra investir dans d'autres domaines. Le poids de la production nationale pèsera lourd sur le devenir des importations de produits maraîchers et même de la fixation des prix car, avec ce nombre important d'agriculteurs organisés, la décision d'importer passera certainement par leur organisation, ce qui leur donnera la latitude de fixer les prix et de choisir les spéculations à importer.

Donner du travail et un revenu raisonnable à ce nombre important d'agriculteurs donnera un élan considérable à la réduction du chômage au niveau du pays et mettra à l'abri du besoin un nombre important de familles.

- **Impact sanitaire**

Les latrines individuelles qui déversaient les eaux usées dans les rues des quartiers très peuplés constituaient un risque important pour la propagation des maladies. La mise en place d'un système moderne d'assainissement améliorera considérablement les conditions d'hygiène de ces populations, surtout les enfants, d'une part, et d'autre part, fera économiser à chaque famille les frais de vidange des fosses qui constituaient pour ces ménages pauvres des charges insupportables. En effet, chaque famille économisera au moins 100 000 MRU par an de frais de vidange auxquels il faut ajouter les prix des médicaments et des consultations pour les maladies causées par le déversement des eaux usées dans les rues et, enfin, le confort engendré par la disparition des mauvaises odeurs dans les rues concernées.

B) ÉTUDE DES COÛTS

- **Coûts engendrés par les perspectives d'assainissement**

Le tableau 38 récapitule les coûts des ouvrages d'assainissement des eaux usées vers les ouvrages d'épuration.

Tableau 38. Estimation des coûts du réseau des eaux usées et des stations d'épuration

Pôle B		
	Quantité	Coût en milliards de MRU HT
Réseau des eaux usées		
Coûts du réseau primaire et secondaire	26,2 km	4 011
Coût du réseau tertiaire	160 km	5 552
Coût branchements	21 800 unités	2 989
Stations de pompage et de relevage sur site dont la conduite de refoulement		
Conduite de refoulement	1,2 km	22
Coût des équipements		846
Coût du génie civil		231
Amenée en refoulement des eaux usées à la STEP (Pôle B)		
Coût des conduites	4,4 km	846
Coût des équipements		174
Coût du génie civil		44
Station d'épuration par lits bactériens sur le site 2		
Coûts des investissements	36 000 HG60g	2 665
Coût d'exploitation sur 5 ans		440
Aménagement des lits de séchage pour la vidange des fosses septiques au niveau du site d'épuration	45 000 m ²	1 296
Aménagement sommaire des périmètres d'irrigation	115 ha	110
Total général (millions de MRU HT) dont divers et imprévus		23 070

Le coût global du système d'assainissement du pôle B de la ville de Nouakchott s'élève à 23 070 milliards de MRU HT (66 millions d'USD).

- **Coûts engendrés par l'exploitation des périmètres maraîchers irrigués par les eaux usées traitées**

Selon la même étude, l'exploitation des eaux usées du pôle B permet d'irriguer une superficie de 425 ha de maraîchage en 2045. Selon les estimations des experts spécialistes en maraîchage, les charges pour la mise en culture d'un ha de maraîchage se chiffrent à :

- kit matériel horticole: 300 000 MRU;

- intrants et semences: 200 000 MRU.
Soit un total de: 500 000 MRU

Si la superficie globale du pôle B est de 425 ha, la charge totale d'exploitation du potentiel maraîcher sera de: 425 x 500 000 soit 212,5 millions de MRU par campagne. Si l'agriculteur fait trois campagnes par an, les charges annuelles d'exploitation seront de: 212,5 millions de MRU x 3 soit 637,5 millions de MRU (1,8 million d'USD).

Les coûts totaux des infrastructures du pôle B et de l'exploitation des périmètres maraîchers se monteront donc à 67,8 millions d'USD (66 millions + 1,8 million).

C) ÉTUDE DES BÉNÉFICES

• Bénéfices engendrés par les actions entreprises au profit des paysans

Si l'on prend en compte les données utilisées ci-dessus en matière d'assainissement, il est prévu la mise en culture au terme du programme d'une superficie totale de 425 ha de maraîchage. Avec les amendements apportés par les boues traitées et autres engrais, les rendements pourront facilement tripler ainsi que la production. Ainsi, la production maraîchère sera de 30 tonnes pour un hectare au lieu de 10 tonnes actuellement. Si l'on estime à 300 000 MRU le prix de vente moyen d'une tonne de produits maraîchers toute spéculation confondue, un hectare rapportera 30 x 300 000 soit 9 000 000 MRU (257 143 USD) si l'agriculteur réalise trois campagnes par an; pour une superficie de 425 ha, cela donnera en 2045: 257 143 x 3 x 425 = 327,86 millions d'USD.

• Bénéfices réalisés par les habitants du pôle B grâce aux économies sur la vidange des fosses

En 2045, la population de la zone couverte par le pôle B sera de 1 103 197 habitants. Si on suppose qu'un ménage en général est composé de cinq personnes, cela représente 220 639 ménages qui auraient dû faire quatre vidanges annuelle de leur fosse septique au coût de 20 000 MRU chaque.

Après la mise en place du projet, comme l'assainissement prendra en charge l'évacuation des eaux usées, les économies réalisées par les ménages seront de:

220 639 x 4 x 20 000 = 17,65 milliards de MRU (50,4 millions d'USD).

En conclusion, le tableau suivant récapitule les coûts, les bénéfices et les impacts.

Tableau 39. Situation future avec la réalisation du projet pilote d'EUT (coûts, bénéfices et impacts)

Projet pilote EUT	Coûts (USD)	Bénéfices (USD)	Impacts
Exploitation maraîchère	1,8 million	327,86 millions	- Augmentation des superficies cultivées
Assainissement	66 millions	50,4 millions	- Augmentation de la production maraîchère
Total	67,8 millions	378,26 millions	- Augmentation du nombre de paysans - Augmentation de la main-d'œuvre utilisée - Augmentation de la couverture des besoins du marché en maraîchage - Diminution des importations maraîchères - Diminution du chômage - Amélioration de la santé des populations - Amélioration du bien-être des populations

7.1.6. Résultats de l'analyse coûts-bénéfices (EUT)

Taux d'actualisation en vigueur: 5 pour cent

Coefficient d'actualisation: $1/(1+\text{taux d'actualisation en \%})^{n-1}$

N = nombre d'années: 25

VA = valeur actualisée: coefficient d'actualisation x bénéfice ou coût

Tableau 40. Bénéfices actualisés du projet pilote d'EUT (après le projet)

Après le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 25	TOTAL (millions USD)
Bénéfice	378,26				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	0,91	0,31	
Valeur actualisée	378,26	360,25	343,09	117,29	5 597,73

Bénéfice total actualisé avec le projet: 5 597,73 millions d'USD

Tableau 41. Coûts actualisés du projet pilote d'EUT (après le projet)

Après le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 25	TOTAL (millions d'USD)
Coûts	67,8				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	91	0,31	
Valeur actualisée	67,8	64,57	61,50	21,02	1 003,35

Coût total actualisé avec le projet = 1 003,35 millions d'USD

Le rapport B/C = 5,58 > 1, le projet est donc économiquement intéressant.

Bénéfice net avec projet = bénéfice actualisé - coût actualisé = 5 597,73 – 1 003,35 = 4 594,38 millions d'USD

Tableau 42. Coûts actualisés du projet pilote d'EUT (avant le projet)

Avant le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 25	TOTAL (millions USD)
Coûts	18,4				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	91	0,31	
Valeur actualisée	18,4	17,18	16,36	5,59	266,97

Coût total actualisé avant le projet = 266,97 millions d'USD

Tableau 43. Bénéfices actualisés du projet pilote d'EUT (avant le projet)

Avant le Projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 25	TOTAL (millions d'USD)
Bénéfices	0,26				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	91	0,31	
Valeur actualisée	0,26	0,91	0,82	0,1	9,08

Bénéfice total actualisé sans le projet: 9,08 millions d'USD

Bénéfice net actualisé sans le projet: 9,08 - 266,97 = -257,89 – le résultat est largement négatif.

B/C sans le projet: 9,08/266,97 = 0,034 < 1: le projet avant l'assainissement n'est pas intéressant économiquement.

Valeur actualisée nette: bénéfice net actualisé avec projet - bénéfice net actualisé sans projet:
4 594,38 + 257,89 = 4 852,27 millions d'USD. Le résultat est supérieur à 0, le projet d'assainissement est donc intéressant économiquement.

Le taux de rentabilité interne est le taux qui annule la VAN.

$$-1 003,5 + 5 597,97/(1+TRI) = 0,$$

Le TRI est de 4,6 pour cent. Ce TRI est faible mais acceptable pour un investissement principalement social.

Délai de récupération: le délai de récupération est la période de temps avant que la somme actualisée des bénéfices prévisionnels n'atteigne la capitalisation boursière de l'entreprise. Il permet dans ce cas de mesurer la cherté relative d'une action.

Le délai de récupération ne dépassera pas un an, puisque la valeur actualisée de l'année 1 est de 378,26 millions d'USD, soit plus que l'investissement qui est de 66 millions d'USD, ce qui est très intéressant pour les investisseurs.

7.2. Projet pilote de recyclage des eaux de drainage pour l'irrigation

L'analyse coûts-bénéfices se focalise sur le second projet qui est un projet de réhabilitation de plus de 2 000 ha pour la production du riz irrigué avec la possibilité de réutilisation des eaux de drainage pour compenser le déficit en eau.

7.2.1. Description du projet pilote des eaux de drainage

Comme signalé par les paysans lors de la mission de terrain, au niveau de l'extension du casier pilote de Boghé (CPB) où se trouvent des superficies non encore exploitées, l'aménagement des 3 000 ha restants de la plaine de Boghé a donné lieu à une superficie utile de 2 033 ha. Sur ces 2 033 ha aménagés, seuls 813 ha ont pu être exploités dont 720 en riz, 48 en maïs et 45 pour le maraîchage. Cette situation est due, d'après les exploitants et les techniciens de la SONADER, à l'aménagement qui était de très mauvaise qualité et, surtout, au mauvais planage des parcelles où l'eau ne pouvait pas irriguer certaines zones car étaient plus élevées que le reste de l'extension. Il resterait donc 1 220 ha à réhabiliter pour couvrir tout le périmètre et faire circuler l'eau d'irrigation et celle du drainage. D'autres superficies aménageables peuvent s'ajouter à ces 1 220 ha. Dans la zone sud-est de la plaine, près de 300 ha sont disponibles et plus de 500 dans la zone sud-ouest. Cela donne un potentiel aménageable de 2 020 ha, ce qui est gigantesque. Ces réhabilitations et ces aménagements permettront de recalibrer les canaux de drainage et d'irrigation et permettront de recycler plus facilement l'eau de drainage dans les circuits d'irrigation.

Cette opération de recyclage des eaux de drainage semble être très bénéfique pour les paysans car elle réduit les frais d'énergie de 30 pour cent, ce qui va diminuer sensiblement les charges d'exploitation des parcelles et donc augmenter les marges des exploitants.

L'horizon temporel du projet sera de 15 ans, période généralement retenue pour les aménagements hydroagricoles.

7.2.2. Objectifs du projet pilote des eaux de drainage

Le projet vise deux objectifs essentiels: la réhabilitation de 2 020 ha dans la plaine de Boghé qui ne sont pas mis en culture actuellement pour intégrer le maximum de paysans et de familles d'exploitants agricoles et la réutilisation des eaux de drainage pour compenser les déficits en eau d'irrigation et diminuer de plus de 30 pour cent les coûts d'énergie puisque le drainage est utilisé par gravité contrairement à l'eau d'irrigation qui est amenée par des pompes électriques.

7.2.3. Objectifs de l'analyse coûts-bénéfices

L'objectif principal de l'analyse est de montrer aux autorités nationales et à leurs partenaires de développement l'impact largement positif de l'utilisation des eaux de drainage dans l'irrigation et de la réhabilitation des superficies non exploitées de la plaine de Boghé.

7.2.4. Situation actuelle avant le projet (en 2020)

L'aménagement du casier pilote de Boghé date de 1983 pour une superficie brute de 1 200 ha et nette de 790 ha dont 545 ha de riziculture et 245 ha de polyculture.

L'extension du casier pilote de Boghé couvre une superficie d'environ 3 000 ha. Elle a été aménagée en 2014 et mise en valeur en 2019.

Actuellement, sur les 4 000 ha de potentiel cultivable de la plaine de Boghé, seuls 1 600 ha sont cultivés malgré l'aménagement des 3 000 ha de l'extension du CPB.

Les rendements moyens sont faibles, environ 4 t/ha et les paysans ont des parcelles de 0,25 ha. Cette superficie est jugée très faible pour subvenir aux besoins des paysans, ce qui les oblige à devoir choisir entre payer le crédit agricole ou nourrir leurs familles. Cette situation est à l'origine de plusieurs abandons de la riziculture irriguée par les paysans qui préfèrent faire d'autres travaux plus lucratifs.

A) ÉTUDE D'IMPACT

Le tableau suivant présente les impacts de l'utilisation des eaux de drainage sur la production agricole:

Tableau 44. Impacts de la non utilisation des eaux de drainage sur la production agricole

Rubriques	Situation actuelle	Impact
Superficies cultivées	1 600 ha au lieu de 4 000 ha	Superficie cultivée faible par rapport au potentiel existant
Production estimée	1 600 x 4 t/ha = 6 400 t	Production faible
Nombre de paysans	1 600 x 0,25 ha = 400	Faible nombre de paysans
Main-d'œuvre	3 employés/paysan = 1 200	Main d'œuvre faible
Nombre de campagnes	1 campagne	Beaucoup de temps perdu
Nombre de familles	400 familles nourries	Faible nombre de familles nourries

• **Impact social des périmètres rizicoles**

Sur Boghé, plus de 400 paysans ont des parcelles de 0,25 ha et emploient plus de 1 200 ouvriers pour les différents travaux agricoles. Près de 400 familles auront des récoltes insuffisantes pour payer le crédit agricole et se nourrir. Ces chiffres représentent le quart de la population paysanne disponible et les autres familles sans terres n'arrivent pas à trouver du travail après ceux des champs, comme le ramassage des chaumes et des cultures maraîchères. La population sans travail est obligée de migrer de façon saisonnière pour trouver du travail et nourrir les familles.

• **Impact économique des périmètres rizicoles**

Les paysans ont un revenu souvent négatif avec un endettement parfois important qui entraîne l'abandon des parcelles. L'entraide sociale est encore très présente mais la faiblesse des revenus ne permet pas d'en faire profiter l'entourage. Le nombre de paysans pauvres augmente considérablement et cette situation entraîne une migration massive des jeunes vers les villes; les vieux restés au village n'ont plus la force de cultiver, ce qui se répercute négativement sur les rendements et les productions déjà trop faibles.

B) COÛTS D'EXPLOITATION DU PÉRIMÈTRE

Les charges d'exploitation par ha peuvent être calculées en détail et varient d'un périmètre à l'autre ou même d'une zone à l'autre dans le même périmètre, mais peuvent être estimées globalement à 300 000 MRU par hectare et par campagne, selon la SONADER.

Pour cultiver les 1 600 ha, les paysans doivent payer: $1\ 600 \times 300\ 000 = 480$ millions de MRU (1,37 million d'USD)

C) BÉNÉFICES ENGENDRÉS PAR LA VENTE DE LA PRODUCTION DE RIZ

Les paysans cultivent 1 600 ha avec un rendement moyen de 4 t/ha. La production totale sera de: $1\ 600 \times 4 = 6\ 400$ tonnes

Si la tonne de paddy est vendue 110 000 MRU (prix fixé par l'État), le bénéfice engendré sera de: $6\ 400 \times 110\ 000 = 704$ millions de MRU (2,01 millions d'USD)

Bénéfices totaux = 2,01 millions d'USD

Tableau 45. Coûts-bénéfices-impacts des cultures sans eaux de drainage

Rubriques	Coûts (millions d'USD)	Bénéfices (millions d'USD)	Impacts
Exploitation	1,37	2,01	- La superficie de 0,25 ha allouée à un paysan est insuffisante. - Endettement des paysans. - Migration vers les villes pour chercher du travail.
T TOTAUX	21,37	12,01	

Ce tableau récapitule les coûts de production, les bénéfices engendrés et l'impact sur les bénéficiaires des cultures sans utilisation des eaux de drainage.

7.2.5. Situation envisagée avec le projet (en 2035)

A) ÉTUDE D'IMPACT

Tableau 46. Impact de l'utilisation des eaux de drainage pour l'irrigation au CPB et son extension

Rubriques	Situation actuelle	Impact
Superficies cultivées	3 620 ha	Augmentation de la superficie
Production estimée	3 620 x 7 = 25 340 t	Augmentation de la production

Rubriques	Situation actuelle	Impact
Nombre de paysans	3 620 x 0,5 ha = 1 810	Augmentation du nombre de paysans
Main-d'œuvre	3 x 1 810 = 5 430	Augmentation de la main-d'œuvre
Nombre de campagnes	2 campagnes rizicoles + 1 campagne maraîchère	Augmentation et diversification de la production agricole
Nombre de familles	1 810 familles nourries	Augmentation du nombre de familles nourries

• Impact social des périmètres rizicoles

Sur Boghé, plus de 1 800 paysans auront des parcelles et emploieront plus de 5 430 ouvriers pour les différents travaux agricoles. Près de 800 familles seront nourries et près de 6 000 autres familles trouveront des revenus à travers le ramassage et la vente des herbes du périmètre. Plusieurs paysans sans terres auront pour la première fois des terres à cultiver à leur nom.

L'amélioration des récoltes se répercutera sur l'entraide familiale et sociale à travers les aumônes et la zakat ainsi que les dons traditionnels.

La masse paysanne sera très importante au niveau du périmètre, ce qui lui donnera un contrepoids important dans les négociations avec la SONADER et le Ministère du développement rural sur les conduites des campagnes agricoles, et en particulier le crédit agricole et la commercialisation du paddy.

• Impact économique des périmètres rizicoles

Les paysans, en passant d'un revenu souvent négatif avec un endettement parfois important qui entraîne souvent l'abandon des parcelles à un revenu de plus d'un million de MRU après les paiements des charges, pourront vivre correctement de l'agriculture irriguée autrefois considérée comme source d'appauvrissement. Ces revenus importants profiteront à de nombreuses personnes dans l'entourage des paysans grâce à l'entraide sociale encore très présente. Le nombre de paysans pauvres diminuera considérablement puisque 1 800 paysans auront des terres et que près de 6 000 familles vivront des travaux dans les champs et de la récolte des herbes. Cette masse paysanne pourra investir son revenu dans d'autres activités économiques qui profiteront encore à d'autres familles par l'implication dans de nouvelles activités et ces revenus aideront ces familles à sortir du cercle de la pauvreté.

Cette situation donnera une nouvelle vigueur à la riziculture irriguée en perte de vitesse actuellement en raison des charges élevées. Si cette situation se reproduit dans les autres grands périmètres, la Mauritanie pourra espérer satisfaire les besoins nationaux en riz sous peu, ce qui est un objectif depuis longtemps affiché mais jamais réalisé.

B) COÛTS ENGENDRÉS PAR LES PERSPECTIVES EN MATIÈRE DE DRAINAGE

• Coûts d'aménagement de 2 020 ha à Boghé

Si l'on considère qu'il faut réhabiliter les 2 020 ha de l'extension de Boghé pour couvrir tous les espaces disponibles pour l'agriculture, la superficie cultivable sera de: $1\ 600 + 2\ 020 = 3\ 620$ ha. Si l'on considère que le coût approximatif de l'aménagement d'un ha est de 2,5 millions de MRU selon la SONADER, le coût total moyen de l'aménagement du périmètre sera de:
 $2\ 500\ 000 \times 2\ 020 = 5,05$ milliards de MRU (14,43 millions d'USD)

• Coûts d'exploitation du périmètre

Les charges d'exploitation par hectare peuvent être calculées en détail et varient d'un périmètre à l'autre ou même d'une zone à l'autre dans le même périmètre, mais peuvent être estimées globalement à 300 000 MRU par hectare et par campagne, selon la SONADER.

Pour cultiver les 3 620 ha, les paysans doivent payer: $3\ 620 \times 300\ 000 = 1,086$ milliard de MRU (3,1 millions d'USD).

S'ils font deux campagnes par an, ce qui est possible après la réhabilitation, les charges annuelles seront de: $1,086$ milliard $\times 2 = 2,172$ milliards de MRU (6,2 millions d'USD).

• Coûts totaux

Les coûts totaux d'aménagement et d'exploitation du périmètre se chiffrent à:
 $14,43 + 6,2 = 20,63$ millions d'USD.

C) BÉNÉFICES

- Bénéfices engendrés par la vente de la production de riz

Un hectare de riz produira, avec l'amélioration de l'irrigation et l'utilisation des eaux de drainage, 7 t/ha au lieu de 4 t/ha actuellement. Les charges à l'hectare sont estimées aujourd'hui à 300 000 MRU. Avec l'utilisation du recyclage des eaux de drainage, l'économie d'énergie est estimée aujourd'hui par les paysans à 100 000 MRU/ha, ce qui réduira les coûts d'exploitation à 200 000 MRU/ha.

Si le rendement est de 7 t/ha, et le prix de vente du paddy de 110 000 MRU/t, le revenu d'un paysan par ha sera de: $7 \times 110000 = 770\,000$ MRU.

Avec la nouvelle réhabilitation, le paysan fera deux campagnes par an, ce qui lui permettra de gagner: $770\,000 \times 2 = 1\,540\,000$ MRU

Si les paysans cultivent 3 620 ha, le bénéfice sera de:
 $1\,540\,000 \times 3\,620 = 5,57$ milliards de MRU (15,93 millions d'USD).

- Bénéfices engendrés par le gain en énergie

Avec l'utilisation des eaux de drainage, les paysans économisent 30 pour cent de la consommation en électricité, soit une économie de 100 000 MRU/ha.

Si les paysans cultivent 3620 ha, le bénéfice sera de:
 $100\,000 \times 3\,620 = 362$ millions de MRU (1,03 millions d'USD).

Tableau 47. Coûts-bénéfices-impact de l'utilisation des eaux de drainage dans l'irrigation

Rubriques	Coûts (millions d'USD)	Bénéfices (millions d'USD)	Impacts
Aménagement du périmètre (extension) de 2 020 ha	14,43	0	- Diminution de l'exode rural - Augmentation des superficies cultivées
Exploitation/ha	6,2	16,96	- Augmentation de la production agricole
T TOTAUX	220,63	116,96	- Augmentation du nombre de paysans - Augmentation de la main-d'œuvre employée - Diversification de la production agricole - Augmentation du nombre de familles nourries - Diminution du chômage

Les bénéfices totaux se chiffrent à: $15,93 + 1,03 = 16,96$ millions d'USD.

7.2.6. Résultats de l'analyse coûts-bénéfices

N (nombre d'années): 15

Valeur actualisée: coefficient d'actualisation x bénéfice ou coût

Taux d'actualisation en vigueur pour les projets d'investissement: 5 pour cent

Coefficient d'actualisation: $1/(1 + \text{taux d'actualisation en \%})^{n-1}$

Tableau 48. Bénéfices du CPB avant le drainage

Sans le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 15	TOTAL (millions d'USD)
Bénéfice	2,01				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	0,91	0,51	
Valeur actualisée	2,01	1,91	1,82	0,62	21,91

Tableau 49. Coûts du CPB avant le drainage

Sans le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 15	TOTAL (millions d'USD)
Coût	1,37				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	0,91	0,51	
Valeur actualisée	1,37	1,30	1,24	0,51	14,93

Bénéfice net actualisé sans le projet = bénéfice actualisé sans le projet - coût actualisé sans le projet = 21,91-14,93 = 6,98 millions d'USD.

$B/C=1,47 > 1$ ce qui veut dire que le projet est intéressant économiquement.

Le projet est intéressant économiquement avant les aménagements puisque les coûts sont limités aux intrants de la campagne agricole.

Tableau 50. Bénéfices du CPB avec le drainage

Avec le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 15	TOTAL (millions d'USD)
Bénéfice	16,96				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	0,91	0,51	
Valeur actualisée	16,96	16,15	15,38	8,57	184,84

Tableau 51. Coûts du CPB avec le drainage

Avec le projet	Année 1 (présent)	Année 2	Année 3	Année 25	TOTAL (millions d'USD)
Coût	20,63				
Taux d'actualisation en %	5%	5%	5%	5%	
Coefficient d'actualisation	1	0,95	0,91	0,51	
Valeur actualisée	20,63	19,65	18,71	10,42	224,84

Analyse coûts-bénéfices

Bénéfice total net actualisé avec le projet: $184,84 - 224,84 = - 40$ millions d'USD

Bénéfice actualisé/coût actualisé: $184,84/224,84 = 0,82 < 1$ ce qui veut dire que le projet n'est pas intéressant économiquement.

La valeur actuelle nette VAN ($-40 - 6,98 = - 46,98$ millions d'USD) est inférieure à 0, cela confirme que le projet n'est pas intéressant économiquement.

Le taux de rentabilité interne = $- 224,84 + 184,84/(1+TRI) = 0$

TRI = -0,17 pour cent, cela confirme que le projet n'est pas économiquement intéressant.

Délai de récupération: le délai de récupération est la période de temps avant que la somme actualisée des bénéfices prévisionnels n'atteigne la capitalisation boursière de l'entreprise. Il permet dans ce cas de mesurer la cherté relative d'une action.

Le bénéfice actualisé réalisé la première année se monte à 16,96 millions d'USD alors que les investissements n'ont atteint que 14,43 millions d'USD. Cela veut dire que la récupération se fera dès la première année.

Le manque de rentabilité économique s'explique par le fait que les coûts d'aménagements du projet sont très élevés tandis que la rentabilité de la riziculture est très faible pour compenser ces coûts. Le projet apparait donc comme non intéressant économiquement alors qu'il l'est socialement mais c aspect social doit primer sur l'aspect économique.

8. CAS DE LA TUNISIE

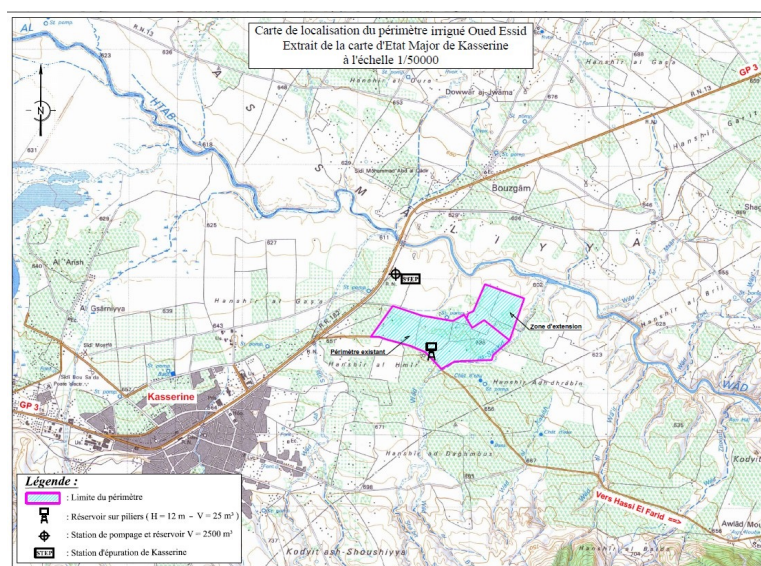
8.1. Le projet pilote de réutilisation des eaux usées traitées

8.1.1. Présentation du projet

Dans le cadre du projet TCP/SNE/3701 et plus particulièrement du volet «réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie: analyse de la situation et recommandations pour le déblocage du potentiel de valorisation des eaux usées traitées pour le développement agricole», et en étroite concertation avec la Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux (DGGREE), le périmètre public irrigué (PPI) de l'oued Essid, situé dans le gouvernorat de Kasserine, a été sélectionné comme site pilote pour l'établissement d'un projet de REUT sur la base d'une analyse multicritères de 22 PPI-EUT fonctionnels pendant la campagne 2017-2018. Cette analyse regroupe cinq paramètres de sélection, à savoir: le taux d'intensification; la présence d'un projet de réhabilitation; la conformité de la qualité des EUT aux normes en vigueur; le mode de gestion et le dynamisme du gestionnaire associatif et la présence d'un projet pilote.

Le PPI de l'oued Essid se situe dans le secteur administratif d'El Ouïja de la délégation de Kasserine sud, gouvernorat de Kasserine. Il se situe entre deux affluents qui déversent dans l'oued Htab. Le périmètre de l'oued Essid, aménagé en 1998 et décrété PPI en 2002¹, couvre une superficie irrigable de 131 ha et a été réhabilité en 2006². La gestion du PPI est partagée entre le CRDA de Kasserine qui assure le fonctionnement de la station de pompage, l'entretien et la maintenance du réseau de mobilisation moyennant la facturation des volumes pompés enregistrés à la station et le GDA de l'oued Essid qui se charge de l'entretien et de la maintenance du réseau de distribution et la vente d'eau aux irrigants.

Figure 23. Carte de localisation du PPI de l'oued Essid



Source: CRDA Kasserine, 2019.

Le PPI est alimenté à partir des EUT produite par la STEP de Kasserine datant de 1993 qui collecte les eaux domestiques de la ville ainsi que les eaux industrielles (textile, tannerie, abattoir, etc.)³.

Les eaux collectées sont traitées par cette station à un niveau secondaire selon un procédé de traitement par lagunage aéré. En se référant à la réglementation en vigueur, ce niveau de traitement n'autorise pas la réutilisation des EUT produites par cette station pour l'irrigation des cultures légumières.

1 Décret n° 2002-2002 du 4 novembre 2002 portant création d'un périmètre public irrigué à Oued Essid de la délégation de Kasserine Sud du gouvernorat de Kasserine, JORT n° 93 du 15 novembre 2002, pages 2701-2702.

2 Une étude de réhabilitation et d'extension du PPI a été élaborée en 2008 mais non exécutée.

3 Un projet de réhabilitation et d'extension de la STEP a été lancé en 2019.

Selon les résultats des analyses des EUT fournies par l'ONAS en 2020, la qualité physico-chimique à la sortie de la STEP est médiocre pour tous les paramètres qui dépassent de loin les normes de rejet dans le milieu récepteur autorisées selon l'arrêté du 26 mars 2018. Les résultats des analyses bactériologiques effectuées du 24 au 30 janvier 2020, fournis par l'ONAS, montrent également des valeurs pour les rejets dans le domaine public hydraulique dépassant les normes autorisées par la réglementation en vigueur.

Le volume d'eau traité par la STEP est passé de 1,664 mm³ en 2010 à 2,625 mm³ en 2016, soit une moyenne de 2,284 mm³. Au cours de cette même période, le volume des EUT délivré au PPI de l'oued Essid a varié entre deux valeurs extrêmes: 223 252 m³ en 2011 et 529 344 m³ en 2013, soit une moyenne d'environ 373 000 m³/an. Ces volumes demeurent relativement faibles par rapport aux quantités d'eau traitées par la STEP. Le taux moyen d'utilisation des EUT, au cours de la période 2010-2016, est de 16 pour cent seulement.

Dans la situation actuelle, le PPI de l'oued Essid est mis en valeur avec un taux supérieur à 100 pour cent sur la base d'un assolement intégrant «plantation et grandes cultures» très motivant pour les exploitants qui visent une production laitière soutenue par des ressources fourragères autoproduites compte tenu de la disponibilité permanente des EUT (hiver et été). La mise en valeur actuelle à l'intérieur du PPI est loin d'être optimale.

Les plantations arboricoles existantes sont largement dominées par l'olivier à huile, rarement associé à d'autres espèces à l'instar de l'abricotier et/ou du pêcher. Les grandes cultures pratiquées au sein du PPI sont représentées par les cultures fourragères destinées à l'alimentation des animaux d'élevage des exploitations, de type bovin essentiellement. Les cultures fourragères sont pratiquées en intercalaire avec les plantations d'oliviers.

Le bon fonctionnement du PPI de l'oued Essid connaît actuellement deux types de contraintes:

- Les contraintes techniques résultant de: (i) la mauvaise qualité physico-chimique et bactériologique des EUT avec des valeurs dépassant de loin les normes exigées pour l'utilisation en irrigation; (ii) la menace causée par l'extension urbaine anarchique aux dépens de la pratique de l'irrigation; (iii) la vétusté du réseau d'irrigation nécessitant des actions de réhabilitation et/ou de remplacement selon les composantes.
- Les contraintes sanitaires liées aux insuffisances en matière de protection des personnes en contact direct avec les EUT, notamment: (i) absence de convention CRDA-laboratoire pour la réalisation du suivi de la qualité des EUT; (ii) absence de suivi de la qualité des eaux de la nappe phréatique ou des cultures irriguées au sein du périmètre par le CRDA; (iii) absence de prestations médicales (vaccination et suivi médical) au profit des gestionnaires du réseau et des responsables du GDA; (iv) absence, au niveau du GDA, de tenues nécessaires pour la manipulation des EUT au cours des opérations d'entretien du réseau par les employés; (v) absence d'utilisation de tenues spécifiques par les agriculteurs au cours de la manipulation des EUT.

8.1.2. Le plan d'amélioration proposé

Le plan d'amélioration du site a été élaboré sur la base de deux paramètres principaux, à savoir: les aménagements proposés et le niveau de traitement des EUT à la sortie de la STEP de Kasserine.

- la réhabilitation du PPI existant;
- la création d'un nouveau PPI couvrant 60 ha, limitrophe de l'ancien, et la réhabilitation du périmètre existant.

Pour ce qui est du niveau de traitement des EUT, deux choix sont envisagés: le secondaire et le tertiaire.

La combinaison des diverses variantes de ces deux paramètres nous conduit à proposer trois options distinctes du plan d'amélioration, à savoir:

- **option 1:** la réhabilitation du PPI existant avec le maintien du niveau de traitement secondaire des EUT, à l'instar de la situation actuelle;
- **option 2:** la réhabilitation du PPI existant avec une amélioration du niveau de traitement des EUT, en passant du secondaire au tertiaire;
- **option 3:** la réhabilitation du PPI existant et la création d'un nouveau périmètre de 60 ha.

8.1.3. Mises en valeur projetées

La bonne qualité des sols du PPI offre des conditions favorables au développement d'une agriculture intensive performante. Les cultures les mieux adaptées sont:

- l'arboriculture fruitière rustique moins exigeante en matière de ressources en eau;

- les arbres fruitiers sensibles de type abricotier et/ou pêcher;
- les cultures fourragères;
- les cultures légumières.

Compte tenu du risque de non-fiabilité de la ressource en eau, il est recommandé de ne pas développer les superficies arboricoles. Par ailleurs, nous estimons que la vente sur le marché des fourrages occasionne un manque à gagner pour l'exploitant. De ce fait, les cultures fourragères produites au sein du PPI doivent être conçues dans le cadre d'un système d'exploitation intégré permettant une valorisation directe des unités fourragères par le cheptel.

Un schéma de mise en valeur spécifique est préconisé à chaque option du plan d'amélioration proposé.

Le fil conducteur des trois schémas de mise en valeur est l'amélioration de la conduite des plantations d'oliviers existantes et des cultures assolées conduites en intercalaire ainsi que leur intensification et le développement des cultures annuelles plus valorisantes de l'eau, à l'instar des spéculations maraîchères, en cas d'absence de restrictions induites par le niveau de traitement des EUT livrées.

L'optimisation de la mise en valeur du PPI passe par l'intensification des cultures en intercalaire avec les oliviers existants. Les assolements préconisés sont déterminés en fonction de deux principaux paramètres: la vocation des sols (étude pédologique) et la situation actuelle. L'analyse de ces deux paramètres a permis de déterminer deux principaux axes de réflexion:

- Compte tenu de la proximité de centres urbains de consommation, le développement du maraîchage dans les assolements est vivement recommandé, dans le cas où le périmètre sera irrigué à partir des eaux non conventionnelles avec un niveau de traitement tertiaire.
- L'importance de l'élevage dans les revenus des agriculteurs nécessite le développement des cultures fourragères.

Le taux d'intensification préconisé dans la situation avec le projet du PPI existant est d'environ 153 pour cent pour l'option 1 et de 199 pour cent pour les options 2 et 3. Pour ce qui est du nouveau PPI, le taux d'intensification préconisé serait de l'ordre de 160 pour cent.

La ventilation de l'occupation future des sols par spéculation et selon les options de mise en valeur préconisés est présentée dans le tableau 52.

Tableau 52. Occupation future des sols par spéculation et selon les options

Spéculations	Option 1		Option 2		Option 3	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
PPI existant						
Arboriculture	131	100%	131	100%	131	100%
Fourrages	70	53%	50	38%	50	38%
Maraîchage			80	61%	80	61%
Total	201	153%	261	199%	261	199%
Extension PPI						
Arboriculture					60	100%
Fourrages					12	20%
Maraîchage					24	40%
Total					96	160%

8.1.4. Évaluation du projet de réutilisation des eaux usées traitées

A) LES ÉCHÉANCIERS EN TERMES PHYSIQUES

• Les superficies et les rendements

Pour ce qui est du PPI existant dont la superficie totale est de 131 ha, le taux d'intensification actuel est d'environ 131 pour cent. Compte tenu de la non disponibilité des ressources en eau au niveau de

la zone d'extension et des conditions climatiques sévères, l'occupation du sol se réduit aux plantations d'oliviers en sec.

Le tableau 53 présente les superficies occupées par les différentes cultures pratiquées dans la situation actuelle.

Tableau 53. Superficie des cultures dans la situation sans projet de REUT

Culture	PPI existant		Extension PPI	
	Ha	%	Ha	%
Olivier	131	100%	60	100%
Bersim	10	7,6%		
Orge en vert	10	7,6%		
Sorgho fourrager	20	15,3%		
Total	171	130,5%	60	100%

Avec la réalisation du projet, les superficies occupées par les plantations d'oliviers resteront inchangées aussi bien dans le PPI à réhabiliter que dans la zone d'extension. Les superficies occupées par les cultures fourragères augmenteront de 25 à 75 pour cent, selon les options, par rapport à la situation actuelle.

Le traitement tertiaire des eaux usées collectées permettra aux exploitants du PPI existant et/ou à créer la pratique de cultures maraîchères plus rémunératrices avec les options 2 et 3.

Compte tenu du niveau assez modeste d'utilisation d'intrants et des apports en eau d'irrigation très espacés, les cultures pratiquées actuellement procurent des rendements assez modestes.

Tableau 54. Rendement des cultures sans projet de REUT

Culture	T/ha	Culture	UF/ha
Olivier pluvial	1,4	Bersim	3 850
Olivier irrigué	2,8	Orge en vert	3 500
		Sorgho fourrager	6 880

Les rendements des différentes cultures seront supérieurs dans la situation avec projet que dans la situation sans projet, notamment grâce à une conduite intensive des cultures.

Dans la situation avec projet, les rendements des différentes cultures irriguées évolueront progressivement pour atteindre, en régime de croisière, les normes établies au niveau des fiches technico-économiques.

Les rendements de croisière seront réalisés à partir de l'année 3 aussi bien pour les cultures annuelles que pour les plantations existantes d'oliviers adultes.

Le tableau 55 présente les rendements moyens des différentes cultures adoptées dans la situation avec projet, en régime de croisière.

Tableau 55. Rendement des cultures avec projet de REUT, en régime de croisière

Culture	T/ha	Culture	UF/ha
Olivier	5	Bersim	4 400
Oignon	15	Orge en vert	5 600
Carotte	30	Sorgho fourrager	11 200
Piment	15	Luzerne	12 800
Tomate	45		

• **Les productions**

La production des cultures préconisées atteint son régime de croisière à partir de l'année 6 du démarrage du projet, soit trois ans après l'achèvement des actions envisagées. Ceci est principalement dû au rythme d'évolution des rendements des cultures annuelles.

Le tableau 56 présente le volume de production, par spéculation, dans la situation actuelle et en année de croisière du projet.

Tableau 56. Volume de production par spéculation sans et avec projet de REUT (en tonne ou UF)

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
PPI existant						
Arboriculture	366,8	655	366,8	655	366,8	655
Fourrages	211 100	596 800	211 100	432 000	211 100	432 000
Maraîchage				2 100		2 100
Extension PPI						
Arboriculture					168	300
Fourrages						102 000
Maraîchage						630

Suite à la réalisation du projet, nous constatons:

- un accroissement du volume de production des différentes spéculations traditionnellement pratiquées au niveau du PPI existant (arboriculture et fourrages);
- la promotion des cultures maraîchères irriguées suite à l'amélioration attendue de la qualité des EUT (traitement tertiaire au lieu et place du secondaire).

Comparé à la situation actuelle, et suite à la réhabilitation du PPI existant, le volume de production sera:

- 1,8 fois plus important pour les plantations;
- 2 à 2,8 fois plus élevé, selon les options de mise en valeur, pour les cultures fourragères.

La production fourragère actuelle est destinée à l'alimentation d'un élevage bovin estimé à 15 UZB. La production projetée permettrait de subvenir aux besoins de 30 à 42 UZB selon les options.

• **La main d'œuvre**

Suite à l'occupation actuelle du PPI existant et des niveaux d'utilisation de la main-d'œuvre des cultures, les spéculations végétales pratiquées procurent près de 3 900 J.T, soit l'équivalent de 16 emplois permanents.

L'essentiel de la main-d'œuvre des cultures actuelles pratiquées est assuré par les plantations d'oliviers.

À la suite de l'accroissement des superficies mises en valeur au niveau du PPI existant, les besoins en main-d'œuvre des cultures, en année de croisière du projet, sont estimés entre 5 400 et 12 700 J.T environ selon les options de mise en valeur, soit l'équivalent de 22 à 51 emplois permanents.

Ainsi, avec la réhabilitation du PPI existant, les spéculations végétales envisagées permettent d'assurer l'équivalent de 6 à 35 emplois permanents additionnels, selon les options de mise en valeur.

Tableau 57. Main-d'œuvre par spéculation sans et avec projet de REUT

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
PPI existant						
Arboriculture	3 144	3 930	3 144	3 930	3 144	3 930
Fourrages	740	1 470	740	1 058	740	1 058
Maraîchage				7 700		7 700
Ss/total 1	3 884	5 400	3 884	12 688	3 884	12 688

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
Arboriculture					1 440	1 800
Fourrages						252
Maraîchage						2 310
Ss/total 2					1 440	4 362
Total	3 884	5 400	3 884	12 688	5 324	17 050

En plus des spéculations végétales, le projet permet l'utilisation directe et indirecte de la main-d'œuvre non quantifiée au niveau des bénéficiaires et des gestionnaires (CRDA et GDA). En effet, les bénéficiaires ont besoin de la main-d'œuvre directe pour s'occuper des petits élevages bovins dont ils disposent (alimentation, soin et entretien, traite, etc.) et offrent indirectement de l'emploi au cours des opérations d'approvisionnement en biens et services et d'écoulement des produits.

Par ailleurs, les gestionnaires utilisent directement et indirectement de la main-d'œuvre pour la gestion et l'exploitation du projet.

B) LE COÛT DU PROJET ET LES ÉCHÉANCIERS

• L'échéancier des investissements initiaux et le coût du projet

L'échéancier prévisionnel des investissements initiaux du projet découle de:

- la décomposition des travaux en lots;
- la planification prévisionnelle de réalisation physique du projet.

La décomposition des travaux en lots dépend en premier lieu de la nature des travaux, en faisant appel à des entreprises ayant telle ou telle spécialité. Par ailleurs, pour ne pas multiplier excessivement le nombre de marchés à gérer par l'unité de réalisation du projet et réduire les contraintes de coordination entre les entreprises, il est possible de limiter le nombre de lots en admettant la sous-traitance dans certains lots, en faisant appel à des entreprises aux diverses spécialisations. De même, plus le nombre de lots est grand, plus la délimitation des responsabilités entre les entreprises sera problématique.

La définition des lots de travaux résulte donc d'un compromis entre le découpage maximum tenant compte de la nature des travaux et la limitation tenant compte des contraintes de gestion.

Nous proposons le découpage suivant, ayant donné ses preuves d'efficacité sur des projets similaires:

- Lot 1: travaux du réseau d'irrigation
 - sous-lot 1.1: réseau d'irrigation du périmètre existant;
 - sous-lot 1.2: réseau d'irrigation du nouveau périmètre.
- Lot 2: équipement du réseau d'irrigation
 - sous-lot 2.1: équipement du réseau du périmètre existant;
 - sous-lot 2.2: équipement du réseau du nouveau périmètre.

Chaque lot fera l'objet d'un appel d'offres puis d'un marché indépendant.

Les actions à mener en premier lieu au niveau du périmètre de l'oued Essid concernent les actions physiques, à savoir:

- les travaux de réhabilitation des ouvrages et génie civil;
- l'équipement du périmètre.

Les actions spécifiques au nouveau périmètre, à mener en deuxième priorité concernent:

- les travaux d'extension du périmètre;
- l'équipement du nouveau périmètre.

• Le calendrier de réalisation des composantes du projet

Les délais de réalisation des travaux de chaque sous-lot, établis sur la base de l'expérience acquise pour des projets similaires, ne doivent pas dépasser 12 mois calendaires.

Ces durées tiennent compte des délais d'installation des chantiers. Le planning schématique de réalisation est présenté dans le tableau 58.

Tableau 58. Planning schématique de réalisation des volets du projet de REUT

	Année		
	1	2	3
Réhabilitation PPI existant			
Ouvrages et GC	X	X	
Équipement	X		X
Extension du PPI			
Ouvrages et GC			X
Équipement			X

Ainsi, en raison de l'état du réseau, il est envisagé de réaliser:

- le curage du bassin de stockage et l'acquisition d'une station de filtration mobile et de groupes motopompes au cours de la première année de réalisation du projet;
- le reste de la réhabilitation du périmètre existant en deux ans lors des années 2 et 3 du projet;
- les travaux et l'équipement de la zone d'extension du périmètre au cours de la troisième année d'exécution du projet.

• **Le coût du projet de REUT**

Le coût du projet regroupe les investissements (initiaux et de renouvellement) et les dépenses ou charges (fixes et variables).

Pour ce qui est de la réhabilitation du périmètre existant, les investissements initiaux sont de deux sortes: les investissements antérieurs et ceux du projet (préconisés dans le cadre de la présente étude).

• **Les investissements totaux du projet de REUT**

Les investissements initiaux totaux de l'option 1 et 2 du projet, relatifs aux actions de réhabilitation du PPI, sont évalués à 1,43 million de TND, soit 10 931 TND/ha.

Les investissements initiaux totaux de l'option 3 du projet, relatifs aux actions de réhabilitation du PPI et de son extension sont évalués à 1,91 million de TND, soit 10 010 TND/ha. Environ 75 pour cent de l'enveloppe totale seront alloués à la réhabilitation du périmètre existant et le reste (25 pour cent) à son extension.

Compte tenu du calendrier proposé pour la réalisation du projet, l'enveloppe d'investissement sera déboursée sur trois années. Entre 8 (option 3) et 10 pour cent (option 1 et 2) des investissements initiaux du projet seront réalisés au cours de la première année du projet.

Compte tenu de la période d'exploitation retenue, certains investissements doivent être renouvelés, notamment les équipements des réseaux d'irrigation, le matériel bureautique et le matériel roulant (motos).

Dans l'hypothèse où la durée de vie de ces équipements est égale à 10 ans, ils seront renouvelés trois fois pendant la durée du projet.

Les investissements de renouvellement du projet sont estimés entre 1,68 et 2,03 millions de TND, respectivement, pour les options 1 et 2 et l'option 3.

Les investissements totaux du projet (initiaux et renouvellement) sont évalués à 3,11 millions de TND pour les options 1 et 2 et à 3,94 millions de TND pour l'option 3.

Tableau 59. Investissements totaux du projet de REUT (en milliers de TND)

	Option 1 et 2			Option 3		
	Initiaux	Renouv.	Total	Initiaux	Renouv.	Total
Réhabilitation du PPI existant						
1 - Réhabilitation du réseau d'irrigation existant	1 420	1 650	3 070	1 420	1 650	3 070
2 - Mesures d'accompagnement	12	36	48	12	36	48
Ss/total	1 432	1 686	3 118	1 432	1 686	3 118
Extension du PPI						
3 - Création du nouveau réseau d'irrigation				480	345	825
Total	1 432	1 686	3 118	1 912	2 031	3 943

Les investissements initiaux représentent 46 pour cent du coût total du projet pour les options 1 et 2 et 61 pour cent des investissements totaux pour l'option 3.

• **Les investissements antérieurs du projet de REUT**

Contrairement au plan d'action pour l'extension du périmètre où il s'agit de nouvelles créations, celui du PPI existant a pour principaux objectifs la réhabilitation des aménagements antérieurs afin de consolider les acquis. En effet, après sa mise en eau en 1998, le périmètre de l'oued Essid a été réhabilité en 2006.

À ce stade, il est nécessaire d'estimer la valeur résiduelle des investissements antérieurs réalisés dans le cadre du projet de réhabilitation.

Le projet de réhabilitation a un coût unitaire de 4 010 TND/ha réparti entre le génie civil (91,4 pour cent) et l'équipement (8,6 pour cent). Faute de financement, les équipements attendent toujours d'être renouvelés.

En se basant sur les données disponibles au niveau du CRDA, la valeur résiduelle des investissements antérieurs est estimée à 256 147 TND pour les conduites et les canalisations.

C) L'ÉCHÉANCIER DES DÉPENSES COURANTES DU PROJET DE REUT

• **Les dépenses variables**

Bien que les exploitations de la zone d'étude soient de petite taille, à caractère familial et utilisent de la main-d'œuvre familiale pour certaines tâches et ont recours à des ouvriers occasionnels pour d'autres activités, nous avons choisi de tenir compte du coût de la main-d'œuvre parmi les charges d'intrants consommés. En effet, il est assez difficile d'apprécier la contribution des membres de la famille au travail de l'exploitation en l'absence d'informations précises.

La zone d'étude se caractérise par un solde migratoire négatif induit par la prédominance de l'activité agricole qui n'offre que des emplois à temps partiel et par le faible développement d'autres secteurs économiques qui ne permet pas de retenir les jeunes actifs.

L'activité agricole est largement dominée par les exigences des oliviers qui nécessitent de la main-d'œuvre spécialisée pour la taille ainsi que pour des travaux champêtres (notamment la récolte).

Les coûts des intrants (semences, engrais, produits de traitement) utilisés correspondent à leur prix d'achat par les agriculteurs.

Les charges variables, hors eau, de la situation actuelle sont estimées à 229 000 TND pour les options 1 et 2, dont environ 81 pour cent sont liés aux plantations d'oliviers. Les charges variables actuelles s'élèvent à 309 000 TND pour l'option 3 et la part des oliviers en représente 86 pour cent.

Dans la situation avec projet, les charges variables de production (hors eau) évolueront progressivement en fonction des superficies mises en culture ainsi que du niveau d'utilisation d'intrants pour atteindre, en régime de croisière, les valeurs présentées dans le tableau 61 selon les options de mise en valeur. Les spéculations arboricoles envisagées au sein du PPI existant et/ou à créer représentent entre 31 et 72,8 pour cent du total des charges variables hors eau en année de croisière.

Par rapport à la situation actuelle, le poids des charges variables de l'arboriculture du projet a baissé mais à des degrés divers selon les options de mise en valeur. Ceci va de pair avec le développement projeté de la valorisation des EUT par les cultures assolées (fourrages, maraîchage).

Le tableau 60 présente les charges variables de production par spéculation, sans et avec projet.

Tableau 60. Charges variables de production sans et avec projet de REUT (en TND)

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
PPI existant						
Arboriculture	174 440	199 592	174 440	199 592	174 440	199 592
Fourrages	54 225	98 479	54 225	68 507	54 225	68 507
Maraîchage				311 392		311 392
Ss/total 1	228 665	298 071	228 665	579 491	228 665	579 491
Extension PPI						
Arboriculture					79 896	91 416
Fourrages						16 307
Maraîchage						67 435
Ss/total 2					79 896	175 157
Total	228 665	298 071	228 665	579 491	308 561	754 648

Compte tenu de l'augmentation du taux d'intensification modéré d'une part, et d'un léger accroissement des besoins en intrants d'autre part, les charges variables de production vont connaître une croissance modérée avec le projet, soit 2 à 3,3 fois environ le montant de la situation sans projet, selon les options.

• **Les dépenses fixes**

Elles regroupent les frais d'entretien-maintenance (génie civil et équipements) et d'exploitation. Les frais d'entretien sont estimés en fonction des coûts initiaux d'investissement comme suit:

- ouvrages et génie civil du réseau d'irrigation: 0,5 pour cent de l'investissement;
- équipement du réseau d'irrigation: 2,5 pour cent de l'investissement.

Ces taux sont identiques à ceux préconisés par le manuel de procédure pour la mise en œuvre de la nouvelle politique tarifaire des eaux d'irrigation élaboré en juillet 2020 par le Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche (MARHP). Ils correspondent à des conditions d'utilisation normales communément admises dans les périmètres irrigués. Cependant, le manque d'entretien et de maintenance se traduit inévitablement par des durées de vie des infrastructures et des équipements plus réduites que celles habituellement admises. En effet, les gestionnaires, et particulièrement les GDA, ont tendance à réduire au strict minimum les dépenses d'entretien et de maintenance dans leurs budgets sans trop se soucier de la durabilité.

Les frais d'exploitation correspondent au coût de fonctionnement du siège du GDA, aux motos et aux frais du personnel ainsi qu'aux frais d'énergie pour le pompage des EUT.

Le tableau 61 présente les charges fixes du projet, selon les options de mise en valeur, en année de croisière.

Tableau 61. Charges fixes du projet, en régime de croisière des EUT (en milliers de TND)

	Option 1		Option 2		Option 3	
	1 000 TND	%	1 000 TND	%	1 000 TND	%
Entretien						
Réhabilitation du PPI existant	18,1	27%	18,1	25%	18,1	23%
Extension du PPI					4,7	6%
Sous total	18,1	27%	18,1	25%	22,8	29%
Fonctionnement						
Siège GDA	2,5	4%	2,5	3%	2,5	3%
Motos	2,8	4%	2,8	4%	2,8	4%
Frais de pompage	7,9	12%	13,6	19%	15,5	19%
Frais du personnel GDA	36,0	53%	36,0	49%	36,0	45%
Sous total	49,2	73%	54,9	75%	56,8	71%
Total	67,3	100%	73,0	100%	79,6	100%

Globalement, les charges fixes du projet de l'année de croisière sont nettement dominées par les frais de fonctionnement qui représentent entre 71 et 75 pour cent du total. Les frais du personnel d'exploitation, relevant du GDA, représentent à eux seuls près de 45 à 53 pour cent du total des charges fixes, contre 25 à 29 pour cent au titre de l'entretien et de la maintenance des infrastructures et des équipements des périmètres. Les frais de pompage (coût d'énergie) occupent, à eux seuls, la troisième place avec près de 12 à 19 pour cent du total des charges fixes de l'ensemble du projet.

D) LES BÉNÉFICES DU PROJET DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES

Les prix auxquels seront valorisés les produits agricoles mis sur le marché, dans ces échéanciers, sont les prix de vente de ces produits par les agriculteurs. En revanche, les cultures fourragères dont la production est destinée à l'élevage de l'exploitation sont valorisées à l'équivalent de l'unité fourragère. Étant donné le peu d'importance des sous-produits agricoles de l'olivier et des cultures maraîchères qui peuvent être consommés sur l'exploitation, ceux-ci ne seront pas valorisés en termes monétaires. On considèrera qu'il s'agit de produits intermédiaires qui font l'objet de cession interne pour l'activité d'élevage.

Compte tenu des superficies cultivées et du niveau des rendements réalisés, la production actuelle de la zone du projet est estimée pour un montant variant entre 602 000 TND (option 1 et 2) et 830 000 TND (option 3). La valeur de la production sans projet est répartie entre l'arboriculture (83 à 88 pour cent du total) et les cultures fourragères (12 à 17 pour cent).

Dans la situation avec projet, la valeur de la production de l'année de croisière est estimée selon les options entre 1,18 et 2,73 millions de TND, dont la part la plus importante est toujours assurée par les oliviers (48 à 75 pour cent du total).

Ainsi la valeur de production additionnelle totale du projet varie entre 579 000 et 1,9 million de TND selon les options.

Le tableau 62 présente la valeur de la production par spéculation, dans la situation actuelle et avec le projet en année de croisière, selon les options de mise en valeur.

Tableau 62. Valeur de la production sans et avec projet de REUT (en TND)

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
PPI existant						
Arboriculture	499 215	891 455	499 215	891 455	499 215	891 455
Fourrages	102 384	289 448	102 384	289 448	102 384	209 520
Maraîchage						901 200
Ss/total 1	601 598	1 180 903	601 598	1 180 903	601 598	2 002 175

Culture	Option 1		Option 2		Option 3	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP
Arboriculture					228 648	408 300
Fourrages						49 470
Maraîchage						270 360
Ss/total 2					228 648	728 130
Total	601 598	1 180 903	601 598	1 180 903	830 246	2 730 305

Suite à la réalisation du projet, la valeur de la production augmentera du double pour les options 1 et 2 et de 3,3 fois pour l'option 3, suite à la pratique des cultures maraîchères.

L'échéancier de l'évolution des avantages du projet est présenté en annexe 1 (tableaux 74 à 76).

E) LA VALEUR RÉSIDUELLE DES INVESTISSEMENTS PRÉCONISÉS

Il s'agit d'établir la valeur des immobilisations qui resteront dans la zone d'étude après la fin du projet de REUT.

La durée de vie considérée, conformément aux prescriptions du manuel précité, est de:

- 30 ans pour les ouvrages et génie civil du réseau d'irrigation;
- 10 ans pour les équipements du réseau d'irrigation.

Ces durées de vie sont communément admises dans des projets similaires mais elles demeurent largement tributaires de l'application stricte de normes d'entretien et de maintenance recommandées; autrement, la pérennité du projet serait largement affectée.

Le tableau 63 présente la valeur résiduelle de l'ensemble des investissements, par grande composante du projet de REUT.

Tableau 63. Valeur résiduelle des investissements du projet de REUT

	Option 1		Option 2		Option 3	
	1 000 TND	%	1 000 TND	%	1 000 TND	%
1 - Réhabilitation du réseau d'irrigation existant	471	98,1%	471	98,1%	471	80,7%
2 - Mesures d'accompagnement	9	1,9%	9	1,9%	9	1,5%
3 - Création du nouveau réseau d'irrigation					104	17,8%
Total	480	100%	480	100%	584	100%

Ainsi, la valeur résiduelle totale est estimée entre 480 000 et 584 000 TND, dont la quasi-totalité a trait à la réhabilitation du réseau d'irrigation existant.

F) LES FLUX DE TRÉSORERIE DU PROJET DE REUT

L'évaluation du projet, pour chacune des options, est réalisée sur une période d'exploitation de 30 ans.

Ainsi nous considérons les périodes d'analyse suivantes:

- réalisation des composantes du projet, avec une durée d'exécution de 3 ans, entre 2021 et 2023;
- exploitation pendant 30 ans, entre 2024 et 2053.

Le flux de trésorerie de l'option 1 du projet est négatif durant les trois premières années. Le flux de trésorerie cumulé devient positif à l'année 12. Autrement dit, la période de retour des investissements est de 12 ans.

Le flux de trésorerie de l'option 2 du projet est négatif durant les trois premières années. Le flux de trésorerie cumulé devient positif à l'année 8. Autrement dit, la période de retour des investissements est de 8 ans.

Le flux de trésorerie de l'option 3 du projet est négatif durant les trois premières années. Le flux de trésorerie cumulé devient positif à l'année 7. Autrement dit, la période de retour des investissements est de 7 ans.

G) LA RENTABILITÉ DU PROJET DE REUT

• Calcul du TRI de base

Le taux de rentabilité interne (TRI) est calculé après établissement des flux de trésorerie annuels du projet de REUT, qui tiennent compte des avantages et des coûts dudit projet. Les avantages se composent:

- des productions des spéculations végétales irriguées avec les EUT dans les périmètres irrigués (à réhabiliter et/ou à créer);
- de la valeur résiduelle des investissements, calculée à l'année 30 d'exploitation du projet.

Les coûts se composent:

- des investissements, initiaux et de renouvellement, nécessités par le projet (réhabilitation du périmètre existant et création d'un nouveau périmètre) ainsi que des investissements antérieurs du périmètre existant;
- des charges fixes: frais d'entretien et de maintenance des aménagements et charges d'exploitation;
- des charges variables: frais des spéculations végétales;
- des marges actuellement dégagées dans le périmètre existant et/ou la zone du périmètre à créer.

Les TRI de base auxquels aboutissent ces calculs sur 30 ans sont les suivants:

- 10,5 pour cent pour l'option 1;
- 20,5 pour cent pour l'option 2;
- 23,6 pour cent pour l'option 3.

Tout en mobilisant le même montant d'investissement, l'option 2 engendre un taux de rentabilité plus élevé (presque le double) que l'option 1 suite à l'amélioration de la qualité des EUT (traitement tertiaire au lieu du secondaire) qui autorise la pratique de cultures irriguées plus valorisantes, à l'instar du maraîchage.

• La sensibilité du TRI du projet de REUT

La sensibilité de la rentabilité du projet aux aléas climatiques et économiques a été testée en faisant varier les productions, les investissements et les charges de production dans une fourchette de -10 à +10 pour cent.

Le tableau 64 donne les résultats des calculs effectués dans huit scénarios, en plus du scénario de base, de la rentabilité de l'option 1 du projet de REUT.

Tableau 64. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 1 du projet de REUT

Rubriques testées	Base	Variations en %							
		+10%		0%		-10%		-20%	
Investissements		10%		10%		-10%		-10%	
Charges			+10%	10%			-10%		-10%
Productions				-10%				10%	
TRI sur 30 ans	10,5%	9,9%	9,4%	7,0%	8,9%	11,1%	11,6%	13,6%	12,2%

La lecture du tableau permet de constater que la sensibilité de la rentabilité globale du projet est relativement faible, puisqu'elle oscille entre 7 pour cent (soit une diminution de 33 pour cent) et 13,6 pour cent (soit une augmentation de 28,9 pour cent) entre le scénario le plus pessimiste (baisse de 10 pour cent de la production) et le scénario le plus optimiste (augmentation de la production de 10 pour cent).

Le tableau 65 donne les résultats des calculs effectués dans huit scénarios, en plus du scénario de base, de la rentabilité de l'option 2 du projet de REUT.

Tableau 65. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 2 du projet de REUT

Rubriques testées	Base	Variations en %							
		+10%		0%		-10%		-20%	
Investissements		10%		10%		-10%		-10%	
Charges			10%	10%			-10%		-10%
Productions				-10%				10%	
TRI sur 30 ans	20,5%	19,8%	19,2%	16,8%	18,5%	21,3%	21,7%	23,9%	22,6%

La lecture du tableau permet de constater que la sensibilité de la rentabilité globale du projet est relativement faible, puisqu'elle oscille entre 16,8 pour cent (soit une diminution de 17,9 pour cent) et 23,9 pour cent (soit une augmentation de 16,3 pour cent) entre le scénario le plus pessimiste (baisse de 10 pour cent de la production) et le scénario le plus optimiste (augmentation de la production de 10 pour cent).

Le tableau 66 donne les résultats des calculs effectués dans huit scénarios, en plus du scénario de base, de la rentabilité de l'option 3 du projet de REUT.

Tableau 66. Tests de sensibilité de la rentabilité de l'option 3 du projet de REUT

Rubriques testées	Base	Variations en %							
		10%	10%	10%	-10%	-10%	-10%	10%	10%
Investissements		10%	10%	10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Charges		10%	10%	10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Productions		10%	10%	10%	-10%	-10%	-10%	10%	10%
TRI sur 30 ans	23,6%	22,7%	22,3%	19,8%	21,5%	24,5%	24,8%	27,1%	25,8%

La lecture du tableau permet de constater que la sensibilité de la rentabilité globale du projet est relativement faible, puisqu'elle oscille entre 19,8 pour cent (soit une diminution de 16,2 pour cent) et 27,1 pour cent (soit une augmentation de 14,9 pour cent) entre le scénario le plus pessimiste (baisse de 10 pour cent de la production) et le scénario le plus optimiste (augmentation de la production de 10 pour cent).

Pour toutes les options, c'est la sensibilité aux variations de la production qui est la plus forte, c'est-à-dire que ce sont les aléas climatiques et les tensions sur les prix aux producteurs qui risquent de pénaliser la rentabilité de la mise en œuvre de ce projet.

H) LES AUTRES INDICATEURS DE PERFORMANCE DU PROJET DE REUT

De nombreux indicateurs peuvent être établis pour mesurer la pertinence financière des projets dans le but d'éclairer les décideurs dans le choix d'un investissement. Parmi les indicateurs les plus communément calculés, citons le ratio⁴ bénéfices/coûts et la valeur actualisée nette (VAN), appelée également bénéfice actualisé.

• Le ratio bénéfices/coûts

L'efficacité de l'utilisation des ressources par le projet peut être évaluée à l'aide du ratio bénéfices-coûts (RBC) qui consiste à estimer les bénéfices produits par rapport aux coûts engendrés par ce même projet.

Le RBC est la somme des bénéfices escomptés du projet divisée par la somme des coûts escomptés, soit:

$$\text{RBC} = (\text{Flux du total des bénéfices escomptés}) / (\text{Flux du total des coûts escomptés})$$

Les flux des bénéfices escomptés regroupent:

- la production du projet;
- la valeur résiduelle des investissements.

Les flux des coûts comprennent:

- les investissements initiaux, de renouvellement et antérieurs;
- les charges fixes et variables;
- les marges de la situation sans projet.

Le RBC du projet, exprimé en valeur courante est établi au tableau 67 comme suit:

⁴ Un ratio est un coefficient ou un pourcentage généralement calculé entre deux masses fonctionnelles et permet d'évaluer une situation, d'en apprécier l'évolution d'une année à l'autre ou de la comparer à des projets similaires.

Tableau 67. RBC du projet de REUT selon les options

	Option 1	Option 2	Option 3
Flux des bénéfices	35 295	58 714	79 914
Flux des coûts	26 670	34 927	44 387
RBC	1,323	1,681	1,800

Ce tableau montre que, pour chacune des options proposées, les bénéfices du projet sont supérieurs aux coûts. Autrement dit que, selon les options, une dépense d'une unité monétaire procure 1,3 et 1,8 unité de bénéfice, respectivement, pour les options 1 et 3.

• **La valeur actuelle nette**

La VAN est un flux de trésorerie actualisé représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les apporteurs de capitaux. Il est obtenu par la différence entre les flux des avantages (production du projet et valeur résiduelle) et les flux de dépenses (investissements, dépenses fixes et variables et marge de la situation sans projet).

Le tableau 68 donne la VAN du projet, en adoptant un taux d'actualisation moyen de 10 pour cent, selon les options de mise en valeur.

Tableau 68. VAN du projet de REUT selon les options

	Option 1	Option 2	Option 3
VAN (10%)	126	3 340	5 491

Autrement dit, l'investissement entrepris au taux moyen de rémunération du capital de 10 pour cent permet de dégager un flux de trésorerie variant de 126 TND (option 1) à 5 491 TND (option 3).

À la lumière de l'ensemble des paramètres et indicateurs d'évaluation, il est recommandé de mettre en œuvre l'option 3 du projet. Rappelons que cette option consiste à réhabiliter le PPI existant de l'oued Essid et de réaliser son extension sur 60 ha.

8.2. Les projets pilotes de réutilisation des eaux de drainage (RED)

8.3.1. Présentation du projet

A) LE CHOIX DU SITE

Dans le cadre du projet TCP/SNE/3701 et plus particulièrement du volet «réutilisation des eaux de drainage en Tunisie: analyse de situation et recommandations pour le déblocage du potentiel de valorisation des eaux de drainage pour le développement agricole» et en collaboration avec la DGGREE et avec le CRDA de Tozeur, le périmètre irrigué de Beni Ghrib a été sélectionné comme site pilote pour l'établissement d'un projet de RED sur la base d'un diagnostic approfondi des périmètres existants.

Le site choisi présente les avantages suivants:

- disponibilité de l'eau de drainage pendant la période hivernale;
- présence de la station de pompage des eaux de drainage de Hazoua 1 opérationnelle, avec une pression suffisante pour alimenter le réseau d'irrigation localisée (type ajutage) dans la zone;
- disponibilité des eaux de drainage utilisables sans consommation d'énergie supplémentaire;
- disponibilité des zones favorables à l'aménagement (nature du sol, état foncier);
- présence du groupement de développement de l'agriculture biodynamique (GDABD) porteur de projets de développement local;
- expérience acquise du GDABD en matière d'utilisation des ED lui permettant d'assurer une bonne exploitation du projet envisagé.

Malgré ces avantages, ce site présente des inconvénients, parmi lesquels:

- absence des eaux de drainage pendant neuf mois successifs de l'année (mars-décembre);

- absence d'une autre source d'eau permettant d'assurer l'irrigation d'appoint pendant les mois d'absence des eaux de drainage;
- la qualité des ED limite le choix des cultures annuelles fourragères hivernales;
- absence de budget permettant la continuité de la gestion et de l'exploitation du site.

Compte tenu des avantages cités, et s'il est possible d'atténuer les inconvénients, il est intéressant de le prendre comme site pilote moyennant sa réhabilitation et son aménagement pour optimiser l'utilisation des eaux de drainage de l'oasis Hazoua 1.

Figure 24. Carte de localisation du PI pilote de Beni Ghib



Source: CRDA de Tozeur, 2019.

La présence d'un GDA dynamique, à l'instar du GDABD au niveau de l'oasis Hazoua 1, constitue un atout favorable pour la gestion et l'exploitation du PI de RED projeté.

Selon les informations disponibles, la station de pompage des eaux de drainage de l'oasis 1 fonctionne pendant trois mois seulement (décembre à février) et demeure à l'arrêt au cours des neuf mois restants de l'année.

Les volumes des eaux de drainage disponibles au niveau de la station de pompage de l'oasis Hazoua 1 sont estimés à 129 600 m³, pour la période décembre-février, et la salinité est de l'ordre de 5g/l. La qualité des eaux de drainage n'est pas contraignante pour l'irrigation des espèces fourragères et forestières tolérantes à la salinité.

Le taux de mise en valeur actuel du périmètre Beni Ghib est estimé à 14 pour cent seulement. La partie mise en valeur de ce périmètre est occupée principalement par deux espèces sylvopastorales (acacia et prosopis). Compte tenu de l'état dégradé des aménagements, ces espèces ne sont pas irriguées.

Le reste de la superficie du périmètre envisagé est actuellement occupé par des parcours dégradés.

Le site n'est actuellement pas exploité, voire abandonné, compte tenu des nombreuses contraintes, dont notamment:

- le mauvais état du réseau de mobilisation et de distribution de l'eau d'irrigation;
- le mauvais état du réseau au niveau des arbres;
- la faiblesse des ressources en ED disponibles;
- la disponibilité des ED pendant une courte période de l'année (décembre-février, 90 jours environ);
- l'absence d'une équipe permanente de gestion.

8.3.2. Le plan d'amélioration proposé

Le plan d'amélioration du site vise à lever l'ensemble des contraintes constatées. De ce fait, il a été élaboré sur la base de trois paramètres principaux, à savoir: les aménagements proposés, la mobilisation de ressources en eau complémentaires et la gestion du périmètre projeté.

En ce qui concerne les aménagements préconisés, le plan d'amélioration consiste notamment à:

- Remplacer l'équipement de l'ouvrage de piquage sur la conduite de refoulement des ED de l'oasis Hazoua 1 afin d'augmenter le débit à dévier.
- Réaliser des travaux de nivellement du périmètre (65 ha).
- Mettre en place un réseau de mobilisation renfermant une conduite d'amenée en PEHD et un bassin de régulation de 50 m³.
- Créer un réseau de distribution assurant l'irrigation localisée de 30 ha et un réseau de conduites semi-mobile de 35 ha.
- Créer un réseau de pistes par motorgrader.
- Installer des plantations sylvopastorales sur 65 ha.
- Protéger le périmètre par une clôture de fil barbelé.

Pour ce qui est du renforcement des ressources en eau, et comme les disponibilités en ED sont limitées, il est envisagé de:

- Créer un puits de surface et de l'équiper en énergie solaire afin d'assurer l'irrigation d'appoint des plantations pendant l'été, notamment au cours des premières années de leur installation.
- D'acquérir un tracteur équipé d'une citerne (pour l'irrigation des jeunes plantations) et d'une remorque (pour faciliter le transport des plants, du matériel et des ouvriers à l'intérieur du périmètre).

En matière de renforcement des moyens et de la capacité du gestionnaire, le plan d'amélioration, prévoit:

- la consolidation des moyens humains;
- l'équipement en matériel bureautique et informatique;
- le renforcement des capacités des ressources humaines.

8.3.3. Mise en valeur projetée

La qualité des ED alimentant le PI limite le choix des cultures envisagées. Les cultures les mieux adaptées

- les arbres et arbustes forestiers destinés principalement à la production des ressources fourragères;
- les cultures fourragères tolérantes à la salinité.

Compte tenu de la faible disponibilité de la ressource en ED, il a été retenu d'assurer la mobilisation des eaux conventionnelles par la création et l'équipement d'un puits de surface pour couvrir la totalité des besoins des cultures annuelles, d'une part, et les nouvelles plantations, en particulier au cours des premières années d'installation, d'autre part.

Par ailleurs, nous estimons que la vente des fourrages sur le marché occasionne un manque à gagner pour l'exploitant. De ce fait, les ressources produites au sein du PI doivent être conçues dans le cadre d'un système d'exploitation intégré permettant une valorisation directe des unités fourragères par le cheptel.

L'optimisation de la mise en valeur du PI passe par l'intensification des cultures annuelles en intercalaire avec les plantations forestières. Ces dernières seront réalisées sur la totalité de la superficie du périmètre.

Dans la partie du périmètre (30 ha) équipée d'un réseau d'irrigation localisée, il est proposé de pratiquer des cultures fourragères annuelles, type orge en vert, entre les rangées des arbres forestiers. Dans le but de minimiser les risques de salinisation des sols, il est envisagé de cultiver annuellement 10 ha seulement d'orge en pratiquant une rotation. Le taux d'intensification préconisé dans la situation avec projet du PI est d'environ 115 pour cent.

La ventilation de l'occupation future des sols par spéculation et selon les options se présente comme suit:

Tableau 69. Occupation future des sols par spéculation

Spéculations	Ha	%
Plantations	65	100%
Cultures annuelles	10	15,4%
Total	75	115,4%

8.3.4. Évaluation du projet de RED

A) LES ÉCHÉANCIERS EN TERMES PHYSIQUES

• Les superficies et les rendements

En l'absence d'infrastructures de mobilisation et de distribution des eaux, le site du projet est actuellement abandonné. La superficie est occupée par du parcours dégradé avec la présence de quelques plantations forestières. Le tableau 70 présente les superficies occupées par les différentes cultures pratiquées dans la situation actuelle.

Tableau 70. Superficie des cultures dans la situation sans projet de RED

Cultures	Ha	%
Acacia	4,5	6,9%
Prosopis	4,5	6,9%
Parcours	56	86,2%
Ss/total	65	100%

Avec la réalisation du projet, la superficie du PI sera entièrement occupée par 39 000 plants composés de:

- 9 750 eucalyptus;
- 6 500 tamarix aphylla;
- 9 750 acacias;
- 13 000 prosopis.

L'occupation des sols par culture, en régime de croisière du projet, est présentée dans le tableau 71.

Tableau 71. Occupation des sols par spéculation en régime de croisière du projet de RED

Cultures	Ha	%
Plantations		
Eucalyptus	65	100%
Tamarix aphylla	65	100%
Acacia	65	100%
Prosopis	65	100%
Ss/total	65	100%
Cultures annuelles		
Orge en vert	10	15,4%
Ss/total	10	15,4%
Total	75	115,4%

Compte tenu du mode de conduite et de l'absence d'apports en eau d'irrigation, les spéculations végétales occupant le site du futur projet envisagé procurent des rendements assez modestes. Le rendement de l'acacia et du prosopis est de l'ordre de 50 UF/ha et celui des parcours est d'environ 25 UF/ha.

Les rendements des différentes espèces forestières seront supérieurs dans la situation avec projet que dans la situation sans projet, notamment suite à une meilleure conduite et à la pratique de l'irrigation.

Dans la situation avec projet, les rendements des différentes espèces irriguées évolueront progressivement pour atteindre, en régime de croisière, les normes escomptées.

Les rendements de croisière seront réalisés à partir de l'année 3 aussi bien pour les cultures annuelles que pour les différentes plantations forestières installées, à l'exception de l'eucalyptus pour laquelle le rendement de croisière sera atteint six ans après l'installation.

Le tableau 72 présente les rendements moyens des différentes espèces et cultures adoptées dans la situation avec projet, en année de croisière.

Tableau 72. Rendement des cultures avec projet de RED, en régime de croisière

	Unité	Qté		Unité	Qté
Eucalyptus	UF/ha	1 050	Bois	m ³ /ha	8,8
Tamarix Aphylla	UF/ha	500	Miel	Kg/ha	16,0
Acacia	UF/ha	1 050	Orge grains	Qx/ha	40
Prosopis	UF/ha	1 400	Paille	UF/ha	4 000

• **Les productions**

La production des cultures préconisées atteint son régime de croisière à partir de l'année 12 de démarrage du projet, soit six ans après l'achèvement des actions envisagées, en raison principalement du rythme de l'évolution des rendements des plantations forestières

Le tableau 73 présente le volume de production, par spéculation, dans la situation actuelle et en année de croisière du projet.

Tableau 73. Volume de production par spéculation sans et avec projet de RED (en tonne ou UF)

Culture	Unité	SP	AP
Plantations			
Fourrages	UF	450	260 000
Bois	m ³		572
Miel	Kg		1 040
Parcours	UF	1 400	
Orge en vert			
Orge grains	Qx		400
Paille	UF		40 000

Suite à la réalisation du projet, nous constatons:

- un accroissement du volume de la production des ressources fourragères;
- la promotion de la culture de l'orge en vert, du bois et du miel.

Par rapport à la situation actuelle, suite à la création du PI, le volume de la production fourragère sera augmenté d'environ 310 000 UF.

• **La main-d'œuvre**

La mise en œuvre du projet de RED s'accompagne de la création de sept emplois directs permanents, au niveau du GDA qui sera chargé de l'exploitation du périmètre, à savoir:

- un technicien de maintenance;
- un pompiste affecté au puits de surface;
- un gardien de nuit au niveau du puits;
- trois aiguadiers;
- un tractoriste.

De plus, le projet permet l'utilisation directe et indirecte de la main-d'œuvre au niveau des bénéficiaires et des fournisseurs. En effet, les bénéficiaires ont besoin de la main-d'œuvre directe pour valoriser les ressources fourragères produites et s'occuper des animaux dont ils disposent (alimentation, soin et entretien, traite, etc.). Le projet offre également indirectement de l'emploi au cours des opérations d'approvisionnement en biens et services.

B) COÛT DU PROJET ET ÉCHÉANCIERS

• **Échéancier des investissements initiaux et coût du projet de RED**

L'échéancier prévisionnel des investissements initiaux du projet découle:

- de la décomposition des travaux en lots;
- du planning prévisionnel de réalisation physique du projet.

Nous proposons le découpage suivant, ayant donné ses preuves d'efficacité sur des projets similaires:

- Lot 1: travaux d'aménagement
 - sous-lot 1.1: réseau d'irrigation du périmètre;
 - sous-lot 1.2: pistes;
 - sous-lot 1.3: plantation forestière.
- Lot 2: équipement du réseau d'irrigation
 - sous-lot 2.1: équipement du réseau de mobilisation;
 - sous-lot 2.2: équipement à la parcelle;
 - sous-lot 2.3: équipement du puits.

Chaque lot fera l'objet d'un appel d'offres puis d'un marché indépendant.

Le reste des acquisitions (matériel roulant, matériel bureautique, équipement informatique, etc., ...) peut faire l'objet de consultations restreintes.

Les actions à mener en premier lieu au niveau du périmètre de RED concernent les actions physiques, à savoir:

- les travaux d'aménagement, les conduites et le génie civil;
- l'installation des plantations;
- l'équipement du périmètre.

• **Calendrier de réalisation des composantes du projet de RED**

Les délais de réalisation des travaux de chaque sous-lot, établis sur la base de l'expérience acquise pour des projets similaires, ne doivent pas dépasser 12 mois calendaires.

Ces durées tiennent compte des délais d'installation des chantiers selon le tableau 74.

Tableau 74. Planning schématique de réalisation des volets du projet de RED

	Année			
	1	2	3	4
Réhabilitation du PI existant				
Aménagement et génie civil	X	X		
Conduites PEHD et ouvrages RED	X	X		
Équipements RED et divers	X	X		
Équipements à la parcelle		X		
Pistes	X			
Matériel roulant		X		
Plantation du PI				
Installation des plantations		X	X	X

Ainsi, en raison de l'état du réseau, il est envisagé de réaliser:

- les travaux de nivellement, de création de pistes de passage, d'équipement du regard de piquage, de remplacement de la conduite d'amenée, de construction et d'équipement du bassin et du réseau d'irrigation localisée au cours de la première année de réalisation du projet;
- la création et l'équipement du puits de surface, la mise en place de la clôture en fil barbelé et l'acquisition des autres équipements lors de la deuxième année du projet.

• **Coût du projet de RED**

Le coût total du projet regroupe les investissements (initiaux et de renouvellement) et les dépenses ou charges (fixes et variables).

Pour ce qui est de la réhabilitation du périmètre de RED, les investissements initiaux se limitent à ceux préconisés par le projet puisqu'il n'existe aucune infrastructure fonctionnelle résultant des actions antérieures.

• **Investissements totaux du projet de RED**

Les investissements initiaux totaux du projet sont évalués à 669 000 TND, soit 10 295 TND/ha. Environ 94 pour cent de l'enveloppe totale seront alloués à la création du PI de RED (correspondant au plan d'amélioration proposé précédemment) et le reste (4 pour cent) aux mesures d'accompagnement.

Les mesures d'accompagnement renferment trois volets distincts, à savoir:

- l'acquisition de quatre motos: une pour le technicien de maintenance et les autres pour les trois aiguadiers;
- l'équipement du GDA en bureau et matériel informatique;
- le développement des capacités (formation, appui technique) du personnel intervenant dans le projet.

Compte tenu du calendrier proposé pour la réalisation du projet, l'enveloppe d'investissement sera déboursée sur quatre années. La majeure partie de l'investissement initial du projet sera réalisée au cours de deux premières années: 36 pour cent en année 1 et 45 pour cent en année 2.

Compte tenu de la période d'exploitation retenue, certains investissements doivent être renouvelés, notamment les équipements des réseaux d'irrigation, le matériel bureautique et le matériel roulant (motos). Cependant, le tracteur équipé, servant pour l'irrigation des jeunes plantations et le transport des plants, du matériel et des ouvriers à l'intérieur du périmètre, n'est pas utilisé en permanence et n'a pas besoin d'être renouvelé.

Dans l'hypothèse où la durée de vie est de sept ans pour les équipements à la parcelle et de 10 ans pour le reste des équipements, ils seront donc renouvelés respectivement 4 et 3 fois pendant la durée d'analyse du projet.

Les investissements de renouvellement du projet de RED sont estimés à 688 000 TND

Les investissements totaux du projet (initiaux et renouvellement) sont évalués à 1,35 million de TND.

Tableau 75. Investissements totaux du projet de RED (en milliers de TND)

	Initiaux	Renouvellement	Total
1 - Aménagement et équipement	496	634	1 129
2 - Installation des plantations	43		43
Ss/total	539	634	1 172
3 - Mesures d'accompagnement	131	54	185
Total	669	688	1 357

Les investissements initiaux représentent 49 pour cent du coût total du projet de RED.

C) ÉCHÉANCIER DES DÉPENSES COURANTES DU PROJET DE RED

• **Dépenses variables**

La méthodologie utilisée pour l'estimation des dépenses variables diffère selon les espèces envisagées au niveau du PI:

- Pour les plantations forestières, les dépenses annuelles d'entretien sont évaluées sur la base des normes établies par l'étude réalisée par la Banque mondiale et la Direction générale de la forêt (DGFF) en juin 2015⁵.
- Pour les cultures annuelles, les coûts des intrants (semences, engrais, produits de traitement) utilisés correspondent à leur prix d'achat par les agriculteurs.

⁵ Compte tenu de l'absence de données sur la situation actuelle et par mesure de simplification, ces normes sont utilisées pour l'estimation au niveau des deux situations (sans et avec projet).

Dans la situation avec projet, les charges variables de production (hors eau) évolueront progressivement en fonction des superficies mises en culture ainsi que du niveau d'utilisation d'intrants pour atteindre, en régime de croisière, les valeurs présentées dans le tableau 76. Les plantations sylvopastorales envisagées au sein du PI représentent 93 pour cent du total des charges variables hors eau en année de croisière.

Compte tenu du faible taux de mise en valeur actuel (de l'ordre de 14 pour cent seulement), les charges variables sont estimées à 268 TND, ce qui revient à environ 30 TND/ha. Ce niveau de charges est très faible par rapport à celui de la situation projetée (2 665 TND/ha, environ).

Le tableau 76 présente les charges variables de production par culture, sans et avec projet.

Tableau 76. Charges variables de production sans et avec projet de RED (en TND)

Culture	Coût	
	SP	AP
Plantations		
Eucalyptus		40 625
Tamarix aphylla		27 083
Acacia	134	40 625
Prosopis	134	54 167
Parcours		
Ss/total 1	268	162 500
Cultures annuelles		
Orge grains		10 720
Ss/total 2		10 720
Total	268	173 220

Compte tenu de l'augmentation importante du taux de mise en valeur d'une part, et de l'amélioration de la conduite des plantations d'autre part, les charges variables de production vont connaître une très forte croissance avec le projet.

• **Dépenses fixes**

Elles regroupent les frais d'entretien-maintenance (génie civil et équipements) et d'exploitation. Les frais d'entretien sont estimés en fonction des coûts initiaux d'investissement comme suit:

- ouvrages et génie civil du réseau d'irrigation: 0,5 pour cent de l'investissement;
- conduites PEHD et ouvrages du réseau de distribution: 1 pour cent de l'investissement;
- pistes: 1 pour cent de l'investissement;
- équipements (réseaux de distribution et à la parcelle, tracteur équipé): 2,5 pour cent de l'investissement.

Ces taux sont identiques à ceux préconisés par le manuel de procédure pour la mise en œuvre de la nouvelle politique tarifaire des eaux d'irrigation élaboré en juillet 2020 par le MARHP. Ils correspondent à des conditions d'utilisation normales communément admises dans les périmètres irrigués. Cependant, le manque d'entretien et de maintenance se traduit inévitablement par des durées de vie des infrastructures et des équipements plus réduites que celles habituellement admises. En effet, les gestionnaires, et particulièrement les GDA, ont tendance à réduire au strict minimum les dépenses d'entretien et de maintenance dans leurs budgets sans trop se soucier de la durabilité.

Les frais d'exploitation correspondent au coût de fonctionnement du siège du GDA, des motos et des frais du personnel. Les frais d'énergie du pompage des ED sont pris en charge par les agriculteurs de l'oasis de Hazoua 1.

Le tableau 77 présente les charges fixes du projet en année de croisière.

Tableau 77. Charges fixes du projet de RED, en régime de croisière (en milliers de TND)

	Coût	
	1 000 TND	%
Entretien		
Aménagement et conduites	2,6	3%
Équipements	2,6	3%
Tracteur	2,3	3%
Sous-total	7,4	10%
Fonctionnement		
Siège GDA	2,5	3%
Motos	5,6	7%
Tracteur	2,7	4%
Frais du personnel GDA	58,0	76%
Sous-total	68,8	90%
Total	76,3	100%

Globalement, les charges fixes du projet en année de croisière sont nettement dominées par les frais de fonctionnement qui représentent 90 pour cent du total. Les frais du personnel d'exploitation, relevant du GDA, représentent à eux seuls près de 76 pour cent du total des charges fixes, contre 10 pour cent au titre de l'entretien et de la maintenance des infrastructures et des équipements du périmètre.

• **Bénéfices du projet de RED**

À l'instar de l'estimation des charges, les produits des plantations sylvopastorales sont évalués sur la base des normes établies par l'étude de 2015 réalisée conjointement par la Banque mondiale et la DGF. Toutefois, ces normes ont été revues à la baisse afin de tenir compte de l'installation de toutes les plantations en association dans le cadre du projet (plus faible densité de pieds à l'hectare).

Les prix auxquels seront valorisés les produits des cultures annuelles mis sur le marché, dans ces échéanciers, sont les prix de vente de ces produits par les agriculteurs.

Compte tenu des superficies mises en valeur et des rendements réalisés, la production actuelle de la zone du projet est estimée à un montant de 11 764 TND, soit 181 TND/ha environ. La valeur de la production sans projet est répartie entre les plantations (93 pour cent du total) et les parcours (7 pour cent).

Dans la situation avec projet, la valeur de la production de l'année de croisière est estimée à 380 000 TND, dont la part la plus importante est toujours assurée par les plantations sylvopastorales (88 pour cent du total).

Ainsi, la valeur de production additionnelle totale du projet est de l'ordre de 368 000 TND.

Le tableau 78 présente la valeur de la production par spéculation, dans la situation actuelle et avec projet en année de croisière.

Tableau 78. Valeur de la production sans et avec projet de RED (en TND)

Culture	Production (en TND)	
	SP	AP
Plantations	10 980	335 400
Parcours	784	
Cultures annuelles		44 800
Total	11 764	380 200

Suite à la réalisation du projet, la valeur de la production sera augmentée de 32 fois.

D) VALEUR RÉSIDUELLE DES INVESTISSEMENTS PRÉCONISÉS

Il s'agit d'établir la valeur des immobilisations qui resteront dans la zone d'étude après la fin du projet de RED.

La durée de vie considérée, conformément aux prescriptions du manuel de procédure, est de:

- 30 ans pour les ouvrages et le génie civil du réseau d'irrigation;
- 10 ans pour les équipements du réseau de mobilisation et de distribution;
- 7 ans pour les équipements localisés et semi-mobile à la parcelle.

Ces durées de vie sont communément admises dans des projets similaires mais elles demeurent largement tributaires de l'application stricte des normes d'entretien et de maintenance recommandées. À défaut, la pérennité du projet serait largement affectée.

Le tableau 79 présente la valeur résiduelle de l'ensemble des investissements, par grande composante du projet.

Tableau 79. Valeur résiduelle des investissements du projet de RED

	Valeur	
	1 000 TND	%
1 - Aménagement et équipement	49	79,4%
2 - Mesures d'accompagnement	13	20,6%
3 - Installation et plantation		
Total	61	100%

Ainsi, la valeur résiduelle totale est estimée à 61 000 TND, dont 79 pour cent pour l'aménagement et l'équipement du périmètre.

E) FLUX DE TRÉSORERIE DU PROJET DE RED

L'évaluation du projet, pour chacune des options, est réalisée sur une période d'exploitation de 30 ans. Ainsi, nous considérons les périodes d'analyse suivantes:

- réalisation des composantes du projet, avec une durée d'exécution de 4 ans, entre 2021 et 2023;
- exploitation pendant 30 ans, entre 2024 et 2054.

Le flux de trésorerie du projet de RED est négatif durant les six premières années. Le flux de trésorerie cumulé devient positif à l'année 18. Autrement dit, la période de retour des investissements est de 18 ans.

F) RENTABILITÉ DU PROJET DE RED

• Calcul du TRI de base

Le taux de rentabilité interne (TRI) est calculé après l'établissement des flux de trésorerie annuels du projet, qui tiennent compte des avantages et des coûts dudit projet. Les avantages consistent en:

- les productions des spéculations sylvopastorales et agricoles irriguées avec les ED dans le périmètre;
- la valeur résiduelle des investissements, calculée à l'année 30 d'exploitation du projet.

Les coûts consistent en:

- les investissements, initiaux et de renouvellement, nécessités par le projet (réhabilitation du périmètre existant et création d'un nouveau périmètre) ainsi que les investissements antérieurs du périmètre existant;
- les charges fixes: frais d'entretien et de maintenance des aménagements et charges d'exploitation;
- les charges variables: frais des spéculations végétales;
- les marges actuellement dégagées dans la zone du périmètre à créer.

Le TRI de base auxquels aboutissent ces calculs sur 30 ans d'exploitation est de 5,4 pour cent pour le projet de RED. Ce taux est acceptable compte tenu du caractère environnemental du projet induisant

des effets qui n'ont pas été quantifiés, dont notamment:

- la réduction voire l'élimination des risques de maladies humaines pouvant être provoquées par le rejet et la stagnation des ED;
- la protection de l'oasis Hazoua 1 contre l'ensablement;
- la préservation du milieu naturel contre la désertification;
- le développement de la faune et de la flore.

Le calcul détaillé du TRI du projet de RED est présenté à l'annexe 2.

• Sensibilité du TRI du projet de RED

La sensibilité de la rentabilité du projet aux aléas climatiques et économiques a été testée en faisant varier les productions, les investissements et les charges de production dans une fourchette de -10 à +10 pour cent.

Le tableau 80 donne les résultats des calculs effectués dans huit scénarios, en plus du scénario de base, de la rentabilité du projet de RED.

Tableau 80. Tests de sensibilité de la rentabilité du projet de RED

Rubriques testées	Base		Variations en %						
Investissements		10%		10%		-10%			-10%
Charges			10%		10%		-10%		-10%
Productions				-10%				10%	
TRI sur 30 ans	5,4%	4,8%	2,8%	1,7%	2,2%	6,1%	7,7%	8,3%	8,5%

La lecture du tableau 80 permet de constater que la sensibilité de la rentabilité globale du projet est relativement faible, puisqu'elle oscille entre 1,7 pour cent (soit une diminution de 69 pour cent) et 8,5 pour cent (soit une augmentation de 56 pour cent) entre le scénario le plus pessimiste (baisse de 10 pour cent de la production) et le scénario le plus optimiste (baisse à la fois des investissements et des charges de 10 pour cent).

C'est la sensibilité aux variations de la production qui est la plus forte, c'est à dire que ce sont les aléas climatiques et les tensions sur les prix aux producteurs qui risquent de pénaliser la rentabilité de la mise en œuvre de ce projet de RED.

G) AUTRES INDICATEURS DE PERFORMANCE DU PROJET DE RED

• Ratio bénéfiques/coûts

L'efficacité de l'utilisation des ressources par le projet peut être évaluée à l'aide du ratio bénéfiques-coûts (RBC) qui consiste à estimer les bénéfices produits par rapport aux coûts engendrés par ce même projet.

Le RBC du projet de RED, exprimé en valeur courante, est présenté dans le tableau 81.

Tableau 81. RBC du projet de RED

	Valeur
Flux des bénéfices	11 145
Flux des coûts	9 670
RBC	1,153

Ce tableau montre que les bénéfices du projet sont supérieurs aux coûts (1,15 fois). Autrement dit, une dépense d'une unité monétaire procure 1,15 unité de bénéfice.

• Valeur actuelle nette

La VAN est un flux de trésorerie actualisé représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les apporteurs de capitaux. Il est obtenu par la différence entre les flux des avantages (production du projet et valeur résiduelle) et les flux de dépenses (investissements, dépenses fixes et variables et marge de la situation sans projet).

En adoptant un taux d'actualisation moyen de 4 pour cent, communément accepté pour les projets similaires, la VAN du projet est de 228. Autrement dit, l'investissement entrepris au taux moyen de rémunération du capital de 4 pour cent permet de dégager un flux de trésorerie variant de 228 TND.

9. CONCLUSION

Cette approche sous-régionale se concentre sur l'analyse coûts-bénéfices des projets d'eau non conventionnelle afin d'améliorer les investissements dans la réutilisation de l'eau non conventionnelle pour le développement agricole dans les pays du Maghreb. Elle fournit des conseils sur l'utilisation de l'analyse coûts-bénéfices pour l'évaluation et la prise de décision dans le domaine de la réutilisation des eaux non conventionnelles. L'objectif principal est de renforcer les capacités et d'encourager les bonnes et meilleures pratiques dans l'utilisation de l'approche de l'analyse coûts-bénéfices au Maghreb pour prendre des décisions sur les options optimales relatives à la collecte, au traitement et à la réutilisation agricole des eaux non conventionnelles.

L'approche proposée est un moyen d'organiser l'information pour éclairer les décisions et fournir des conseils sur l'investissement efficace dans le domaine de la réutilisation de l'eau non conventionnelle pour le développement agricole.

La réalisation d'une analyse coûts-bénéfices pour les projets de réutilisation de l'eau non conventionnelle fournit au décideur des comparaisons quantitatives des options, ainsi que des informations complémentaires pour tous les coûts et avantages qui n'ont pas pu être quantifiés. L'approche proposée sert à faciliter la prise de décision pour stimuler l'investissement dans le secteur de la réutilisation non conventionnelle de l'eau et plus particulièrement:

- Décider si un projet d'eau non conventionnelle proposé doit être entrepris.
- Décider si un projet d'eau non conventionnelle existant doit être poursuivi.
- Choisir entre différents projets d'eau non conventionnelle.
- Choisir l'échelle et le calendrier appropriés pour un projet d'eau non conventionnelle.

Cette approche a été appliquée sur des projets d'eau non conventionnelle pour les pays du Maghreb.

L'analyse coûts-bénéfices des deux projets étudiés en Algérie, dont l'un porte sur l'utilisation des eaux usées épurées et l'autre sur la réutilisation des eaux de drainage à des fins agricoles, a permis de démontrer clairement une rentabilité très intéressante pour les deux types d'utilisation. Pour les deux périmètres retenus, il est proposé, en plus d'un plan d'investissement sur les infrastructures et les équipements à mettre en place, un véritable plan d'action, d'encadrement et d'accompagnement du projet qui intègre le renforcement des capacités des acteurs, la sensibilisation, la vulgarisation, la démonstration, la communication, le suivi-évaluation ainsi que des échanges d'expériences et le jumelage. Enfin, il faut signaler que pour la mise en œuvre diligente de ces deux projets, il est recommandé une révision de la tarification de l'eau et de l'énergie afin de donner des avantages comparatifs avérés aux eaux usées épurées et aux eaux de drainage par rapport aux eaux conventionnelles. Cette dernière action est fondamentale pour susciter l'adhésion des agriculteurs

quant à l'utilisation des eaux non conventionnelles. À l'heure actuelle, l'intérêt des agriculteurs pour cette ressource est mitigé et relativement limité quand ils disposent de la ressource conventionnelle à titre gratuit.

Dans le cas de la Lybie, les résultats de l'analyse coûts-bénéfices du projet ont montré la faisabilité de ce projet en termes économiques et sociaux, car il aidera à apporter le développement agricole en Lybie tout en préservant l'équilibre et il faudra donc former le personnel libyen aux méthodes modernes de gestion des grands projets ainsi que de production agricole. L'utilisation moderne de l'eau de drainage agricole a également atteint l'objectif qui était d'encourager l'investissement dans ce projet en raison de son importance pour les habitants de la région, en fournissant, par exemple, des opportunités d'emploi et en commercialisant cette production agricole dans la région et la Lybie dans son ensemble.

Les résultats obtenus par l'ACB du projet de mutualisation des EUT et ED issues des khetaras de la zone oasienne de Fezna dans le sud-est du Maroc ont révélé une viabilité financière globalement

insatisfaisante. La rentabilité financière de ce type de projet reste conditionnée par la réunion de plusieurs conditions préalables d'ordre naturel, financier et organisationnel. En effet, une bonne conjoncture pluviométrique, et partant des débits suffisants des khattaras productives, conjuguée respectivement à des financements subventionnés et à une gratuité des redevances sont les facteurs clés qui conditionnent la viabilité financière des projets de REUT-ED dans le contexte oasien.

Pour le cas de la Mauritanie, les deux projets objets de cette analyse ne doivent pas être analysés suivant leur rentabilité économique puisque ce sont des projets sociaux par excellence qui feront vivre une grande population actuellement déshéritée et sans espoir. Malheureusement, plusieurs impacts sociaux ne sont pas quantifiables et ne rentrent pas dans les analyses (bien-être des populations, paix sociale, stabilité du pays, etc.) mais devraient malgré tout pouvoir être pris en considération. En effet, les sous-secteurs de la riziculture irriguée et du maraîchage ciblés par ces programmes connaissent d'énormes difficultés qui ont conduit à l'abandon de plusieurs périmètres rizicoles au niveau de la vallée du fleuve Sénégal et des périmètres maraîchers partout sur le territoire national et ce projet est donc porteur d'espoir.

BIBLIOGRAPHIE

Abdessalam, A. 1994. *Tracking the change in the amount of salts and heavy elements of four different sources of treated water.* Mémoire de master.

Abdullah, S. 1981. *Studies on the purification and use of sewage* - National Authority for Scientific Research (Protection Studies Program) Environment and Natural Resources.

Al-Jamal, A. 2019. *The report of the committee in charge of proposing the crop composition of the agricultural Al Hadaba Al khadra project.*

Anofel (Association française des enseignants et praticiens hospitaliers titulaires de parasitologie et mycologie médicale). 2014. *Amoebose, polycopié national.* Université médicale virtuelle francophone. Paris.

fr.slideshare.net/mutangachuk/poly-parasitologie

Asano, T. 1998. «Wastewater reclamation and reuse», *Water Quality Management Library*, Vol. 10, CRC Press, Boca Raton (États-Unis).

Aubry, P., et Gaüzere, B-A. 2021. *Les maladies liées à l'eau.* Médecine tropicale. Université de Bordeaux (France).

medecinetropicale.free.fr/cours/eau.pdf

Azandosessi, A., Ould Selmane, M.L., Ould Baba, L. Benzerouge, E.H., Cissé, G. et Tanner, M. 1999. *Projet de préservation de l'unique espace vert de Nouakchott: le site de Sebkhla «Nouakchott El Khadra».* Document de projet. OMS (Organisation mondiale de la santé), Nouakchott.

Baroni, S. 2013. *The water situation in Libya* - National Water Conference possibilities and prospects. General Authority for Water.

Berouane, N. et Khoumeri, M. 2018. *Impact des rejets de la STEP de la ville de Tizi Ouzou sur la qualité bactériologique des eaux de consommation: cas des forages de Boukhalfa.* Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou (Algérie).

www.ummo.dz/dspace/bitstream/handle/ummo/9387/Berrouane%20Ep.%20Boudjebba%20Naoual%20%26%20Khoumeri%20Mohamed.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bin Mahmoud, K. 2009. *Experience of the Arab Center for Dry and Arid Land Studies (ACSAD) in the field of non-traditional water use in the Arab region.* Fourth Conference on Recent Technologies in Agriculture.

Bouchaala L. 2017. Ressources hydriques: traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algerian journal of arid environment* 7, 84-95.

Commune rurale de Fezna. 2021. *Monographie de la commune rurale de Fezna.* Feza (Maroc).

DEPF (Direction des études et des prévisions financières). 2019. *Le secteur agricole marocain: tendances structurelles, enjeux et perspectives de développement.* Marrakech.

https://www.agrimaroc.net/2019/07/27/2801/#google_vignette

DRA-Oujda (Direction générale de l'agriculture d'Oujda). 2017. *Étude d'impact sur l'environnement du projet d'aménagement hydroagricole du périmètre d'irrigation Bounaim par les eaux épurées de la station de traitement des eaux usées de la ville d'Oujda, commune rurale Ahl Angad, préfecture Oujda-Angad.* Rapport de la phase 1. Oujda (Maroc).

DRA-Oujda. 2018. *Étude d'impact sur l'environnement du projet d'aménagement hydroagricole du périmètre d'irrigation Bounaim par les eaux épurées de la station de traitement des eaux usées de la ville d'Oujda, commune rurale Ahl Angad, préfecture Oujda-Angad.* Rapport de la phase 2. Oujda (Maroc).

DRA-Oujda, 2018. *Étude d'impact sur l'environnement du projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation Bounaim par les eaux épurées de la station de traitement des eaux usées de la ville d'Oujda, commune rurale Ahl Angad, préfecture Oujda-Angad.* Rapport de la phase 3. Oujda (Maroc).

DRPE (Direction de la recherche et de la planification de l'eau). 2019. *Document de travail soumis à la Commission interministérielle de l'eau: «Plan national de l'eau 2020-2050».* Marrakech.

DRPF (Direction de la recherche et de la planification de l'eau). 2019. *Plan national de l'eau 2020-2050.* Marrakech (Maroc).

Dutertre, A., Renault, D., Marks-Perreau, J. et Réal, B. 2020. «Influence des itinéraires techniques et qualité de l'eau en sortie de drainage», *Sciences Eaux & Territoires* n° 32. Antony (France).

Ensink, J. H. J., T. Mahmood, W. van der Hoek, L. Raschid-Sally et F. P. Amerasinghe. 2004. «A Nationwide Assessment of Wastewater Use in Pakistan: An Obscure Activity or a Vitally Important One?». *Water Policy*, 6, 197-206.

El Amrani, A. et Ben Moussa, S. 2016. *Développement d'une application SIG WEB pour l'aide à la décision sur la question du drainage dans le contexte de reconversion en irrigation localisée – Cas du périmètre du Gharb. Projet de fin d'étude.* Office de mise en valeur agricole du Gharb, Kénitra (Maroc).

El Ouahabi, O. 2015. *Évaluation de l'impact économique de la salinité sur la production agricole: cas du périmètre de Tadla.*

Festy, B, Hartemann, P, Ledrans, M, Levallois, P, Payment, P, Tricard, D. 2003. «Qualité de l'eau», *Environnement et santé publique - Fondements et pratiques*, pp.333-368.

GIZ (Agence allemande de coopération internationale). 2016. *Programme d'appui à la gestion intégrée des ressources en eau (AGIRE).* Catalogue des bonnes pratiques de collecte et valorisation des eaux pluviales. Bonn (Allemagne).

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 2017. AQUASTAT. Base de données principale. Rome. [Consultée le 20 mars 2023]. <https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=fr>

FAO. 2021. *Analyse de l'état des lieux et perspectives de l'utilisation des eaux usées traitées dans les pays du Maghreb.* Projet FAO- TCP/SNE/3701. Rome.

Ghadbane, H. 2003. *Les eaux usées urbaines.* Mémoire de magistère. Université Mohamed Boudiaf - M'sila (Algérie).

Grande Jamahiriya arabe libyenne populaire et socialiste. 1982. *Hydrogeological studies of the areas of Wadi Al-Shatti, Al-Jafra and Fezzan.* Idrotecno. Tripoli.

Hamilla, M. 2008. *The status of wastewater treatment plants in Libya.* General Water and Sanitation Company. Tripoli.

Hamilla, M. 2011. *The status of sewage treatment plants (evaluation of the performance and operational challenges of the General Water and Sanitation Company) - Study on the sources of drinking water and sanitation.* General Water and Sanitation Company. Tripoli.

Hammani Ali, Bouarfa Sami, Debbarh Abdelhafid et Zimmer Daniel. 2003. «Conception du drainage agricole dans la plaine du Gharb (Maroc) basée sur la modélisation couplée du drainage souterrain et du drainage de surface», *Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation - Actes de l'atelier du Programme commun systèmes irrigués, 28-29 mai 2002.* Montpellier (France).

ICID (Commission internationale des irrigations et du drainage). 2018. *A water secure world free of poverty and hunger through sustainable rural development*. New Delhi.

INM (Institut national météorologique). 2019. *Vitesses moyennes et maximales mensuelles du vent (m/s) enregistrées au niveau de la station de Tozeur*. Tunis.

IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage). 2002. *Capacity Building for Drainage in North Africa*. Actes de l'atelier tenu du 10 au 14 mars 2001. Le Caire.

Kabouchi, A. 2015. *Projets de reconversion vers l'irrigation localisée, quelle approche pour le drainage agricole ? Cas du Gharb*. Office de mise en valeur agricole du Gharb. Kénitra (Maroc).

Legros, N. 2017. *La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation comme incubateur d'un processus de pérennisation et de bonne gouvernance des infrastructures d'assainissement: cas pratique de la station d'épuration de Tidili au Maroc*. Master en sciences et gestion de l'environnement. Faculté des sciences, Liège (Belgique).

Metahri, M.S. 2012. *Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou*. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie).

N'Diaye, A.D., Kankou, M., Sarr, A. et Lo, B. 2009. Caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 14 (2009) 97.

revist.net/REVIST_14/REVIST_14_6.pdf

Neubert, S. et Benabdallah, S. 2003. *La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie*. Institut allemand de développement, Bonn (Allemagne).

OCP Policy Center. 2017. *Morocco's Water Security: Productivity, Efficiency, Integrity*. Rabat

OMS (Organisation mondiale de la santé). 2012. *Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères*. Genève.

apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78280/9789242546828_fre.pdf?sequence=1

ONAS (Office national de l'assainissement). 2012. *La norme ISO 14001, un système de management environnemental*. Tunis.

ONEE (Office national de l'électricité et de l'eau potable). 2018. *Étude d'assainissement des centres de Massa, Sidi Bibi et Belfaa dans la province de Chtouka Ait Baha*. Rabat.

Oumar El Hadj, K. 2014. *Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle*. Institut supérieur d'enseignement technologique. Nouakchott.

Redal. 2016. *Étude d'impact sur l'environnement des ouvrages de dépollution de la ville de Rabat*. Rabat.

Taky, A. 2020. «Assainissement et drainage sur la plaine du Gharb au Maroc», *Sciences Eaux & Territoires* n° 32, Antony (France).

Taleb, M. 2018. «Du vert dans le désert urbain: enjeux fonciers des jardins maraîchers de Sebkhà à Nouakchott», *Foncier, droit et propriété en Mauritanie: enjeux et perspectives de recherche*. Centre Jacques Berque, Rabat.

<https://books.openedition.org/cjb/1264?lang=fr>

Van Aart, E. 1991. *An evaluation of irrigation and land drainage problem in some settlement project in West Libya*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen (Pays-Bas). edepot.wur.nl/480959

Vasel, J. L. 1996. *Épuration des eaux usées domestique par infiltration percolation*. Fondation universitaire luxembourgeoise, Arlon (Belgique).



Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord
Rue du Lac Winnipeg
Les Berges du Lac 1
(+216) 70 145 700
fao-snea@fao.org
<https://www.fao.org>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Tunis, Tunisie

