

Projet ICAPT

MIS EN ŒUVRE PRATIQUE DES PRATIQUES AGRICOLES
INTELLIGENTES
FACE AU CLIMAT EN TUNISIE



Mai 2023

DIAGNOSTIC PARTICIPATIF DANS LES PERIMETRES IRRIGUES DE LA ZONE AVAL DE NEBHANA

Sousse et Kairouan – Tunisie.

Rapport final

Version finale

AGER



AL SERVICE DES ACTEURS DE L'AGRICULTURE

Développement rural et animation
Formation, études et aide à l'organisation des producteurs
Accompagnement de Partenariats Économiques et Techniques

Table des matières

Introduction.....	7
I CONTEXTE, MISSION, CONCEPTS & METHODOLOGIE	8
I.1 Contexte de changement Climatique et Projet ICAPT.....	8
I.1.1 Changements climatiques, impacts et défis d'adaptation	8
I.1.2 Projet ICAPT.....	9
I.2 Objectifs, concepts et méthodologie de l'étude.....	11
I.2.1 Objectifs et approche du diagnostic.....	11
I.2.2 Déroulement de la mission.....	12
II SYSTEME NEBHENA & TENDANCES DE L'OFFRE ET LA DEMANDE DE L'EAU D'IRRIGATION.14	14
II.1 Présentation sommaire du système Nebhena.....	14
II.1.1 Situation géographique et climatique	14
II.1.2 Système de Nebhana : Vue d'ensemble.....	15
II.1.3 Présentation sommaire des PPIs de la zone.....	17
II.2 Tendances de l'offre et de la demande de l'eau de Nebhena	20
II.2.1 Evolution des apports, des stocks et des volumes réservés à d'irrigation.....	20
II.2.2 Evolution des volumes facturés par la SECADENORD et les CRDAs	22
II.2.3 Evolution de la distribution de l'eau d'irrigation pour les PPIs	24
III DIAGNOSTIC SYSTEMIQUE DES PPI DU système NEBHENA.	26
III.1 Système d'irrigation	26
III.1.1 Etat global et fonctionnement des infrastructures hydrauliques	26
III.1.2 Performances des infrastructures hydrauliques	31
III.1.3 Vulnérabilités et contraintes des systèmes hydrauliques.....	34
III.1.4 Formes d'adaptation observées.....	37
III.1.5 Analyse SWOT – Système d'irrigation	40
III.2 Système de culture	41
III.2.1 Mise en valeur agricole	41
III.2.2 Pratiques culturales.....	44
III.2.3 Pratiques d'irrigation et besoins en eau.....	46
III.2.4 Besoins en énergie.....	48
III.2.5 Résultats obtenus	49
III.2.6 Perception des changements climatiques et de leurs impacts	50
III.2.7 Formes d'adaptation observées.....	51
III.2.8 Contraintes, propositions et perspectives de développement	54
III.2.9 Analyse SWOT – Systèmes de culture	56
III.3 Système de gouvernance de l'eau d'irrigation	57
III.3.1 Caractérisation de la gouvernance de l'eau d'irrigation	57
III.3.2 Contraintes, vulnérabilités et formes d'adaptation	61
III.3.3 Analyse SWOT – Gouvernance de l'eau.	62
III.4 Environnement socio-économique : Filières	63
III.4.1 Filière Olive à huile	63
III.4.2 Filières arboricoles fruitières.....	64
III.4.3 Filières maraichères.....	66
III.4.4 Autres filières potentielles	67
IV SELECTION ET DIAGNOSTIC DES PPI PILOTES.....	68
IV.1 Sélection des PPIs pilotes.....	68
IV.2 Conduite de l'irrigation à la parcelle.....	69

IV.2.1	Service de l'eau d'irrigation.....	69
IV.2.2	Taux d'exploitation et taux d'intensification.....	70
IV.2.3	Effizienz et performance des infrastructures hydrauliques à la parcelle.....	71
IV.2.4	Consommation en eau d'irrigation et doses appliquées.....	72
IV.3	Diagnostic des PPIs Dar Jamîya et Sisseb (Kairouan)	72
IV.3.1	Données générales	72
IV.3.2	Systèmes d'irrigation, de culture et de gouvernance de l'eau d'irrigation.....	72
IV.3.3	Vulnérabilités, perception et adaptations des changements climatiques.....	75
IV.3.4	Principaux problèmes identifiés	75
IV.4	Diagnostic du PPI Sidi Bouali (Sousse)	75
IV.4.1	Données générales	75
IV.4.2	Systèmes d'irrigation, de culture et de gouvernance de l'eau d'irrigation.....	76
IV.4.3	Vulnérabilités, contraintes et perception des changements climatiques.....	78
IV.4.4	Principaux problèmes identifiés	79
V	PISTES D'INTERVENTION POUR LE PROJET ICAPT ET AUTRES ADAPTATIONS	
	ENVISAGEABLES.	80
V.1	Pistes d'intervention au profit des PPIs pilotes	80
V.1.1	Pistes d'intervention en faveur des PPI de Dar Jamîya et Sisseb	80
V.1.2	Pistes d'intervention en faveur du PPI de Sidi Bouali.....	81
V.2	Adaptations envisageables pour les PPIs du système Nebhena	82
V.2.1	Adaptations envisageables au niveau du système d'irrigation	82
V.2.2	Adaptations envisageables au niveau du système de culture	83
V.2.3	Adaptations envisageables au niveau de la gouvernance de l'eau.....	84
V.2.4	Recommandations pour la mobilisation des ressources en eau d'irrigation	85
ANNEXES.....		86
	Annexe 1 : Caractéristiques générales des PPIs de Kairouan.....	86
	Annexe 2 : Caractéristiques générales des PPIs de Sousse	87
	Annexe 3 : Les principaux acteurs du système de gestion de l'eau de Nebhena.....	89
	Annexe 4 : Guide d'entretien pour le diagnostic des PPIs retenus.	91
	Annexe 5 : Estimation des besoins en eau	94
	Annexe 6 : Guide d'entretien pour le diagnostic du système hydraulique à la parcelle.....	95
	Annexe 7 : Superficies et ressources en eau : Comparaison entre les études de base et la situation actuelle .	100

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution du stress hydrique en Tunisie de 1962 à 2050 (m3 par habitant)	8
Figure 2 : Situation géographique du bassin versant de Nebhana	14
Figure 3 : Illustration de la configuration du système Nebhana.....	15
Figure 4 : Evolution des apports en Mm3 (1967-2020).....	21
Figure 5 : Evolution des eaux de Nebhana destinées à l'irrigation en Mm3 (1967-2021).....	22
Figure 6 : Evolution des volumes facturés par la SECADENORD à partir du barrage en 1000m3 (2013-2021)	23
Figure 7 : Occupation des sols – PPI Kairouan (Carte thématique 2015)	41
Figure 8: Statut foncier des exploitations (Enquête).....	43
Figure 9: Adaptations dans le passé face à une pénurie d'eau	51
Figure 10 : Adaptations dans le passé face à une pénurie d'eau	51
Figure 11: Comparaison des attitudes (Passé; Avant démarrage de la campagne; Milieu de la campagne).....	52
Figure 12: Comparaison des attitudes des PPI.....	52
Figure 13 : Principales mesures de résilience adoptées.....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des périmètres irrigués à partir du système Nebhana	18
Tableau 2 : Evolution des volumes annuels distribués par la SECADENORD et des apports du barrage.	22
Tableau 3 : Caractéristiques de la distribution des eaux de Nebhana par période	23
Tableau 4 : Quotas pour un hectare équipé pour chaque PPI	24
Tableau 5 : Evolution de la distribution des eaux d'irrigation pour les PPIs de Sousse et de Kairouan (en Mm3)	25
Tableau 6: Etat des infrastructures hydrauliques.....	26
Tableau 7: Notation de l'état des infrastructures	27
Tableau 8: Fonctionnement hydraulique des systèmes d'irrigation	28
Tableau 9: Notation du fonctionnement des systèmes hydrauliques	30
Tableau 10: Evaluation des systèmes de comptage.....	30
Tableau 11: Notation du système de comptage	31
Tableau 12 : Résultat de l'estimation de l'efficacité des réseaux hydrauliques de chaque PPI.....	32
Tableau 13 : Taux d'exploitation des PPI en 2022.....	33
Tableau 14: Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau.....	34
Tableau 15: Contraintes majeures, affectant le bon fonctionnement des PPI.	36
Tableau 16 : Contraintes majeures qui affectent le bon fonctionnement des PPI	37
Tableau 17: Formes d'adaptation des GDA et des exploitants, en relation avec l'eau d'irrigation	39
Tableau 18: Analyse SWOT – Système d'irrigation.....	40
Tableau 19: Principales tendances de l'occupation des sols.....	42
Tableau 20: Stratification des exploitations (Enquête)	44
Tableau 21: Séquences culturales pratiquées (Enquête)	44
Tableau 22: Comportement des exploitants en matière de gestion des sols (Enquête)	46
Tableau 23: Estimation des besoins en eau	48
Tableau 24: Pratiques d'irrigation des exploitants (Enquête)	48
Tableau 25: Besoins en énergie (Enquête).....	49
Tableau 26: Les rendements des cultures (T/ha)	49
Tableau 27: Marges brutes (DT/ha moyen)	50
Tableau 28: Mesures de résilience (Enquête).....	53
Tableau 29 : Perspectives d'avenir.....	56
Tableau 30: Analyse SWOT – Systèmes de culture	56
Tableau 31 : Engagement des GDA.....	58
Tableau 32 : Personnel recruté par GDA.....	59
Tableau 33 : Endettement des GDA.....	59
Tableau 34 : Contrats de gérance et d'abonnement par GDA	60
Tableau 35 : Systèmes de tarification des GDA.....	60
Tableau 36 : Contrats de gérance et d'abonnement par GDA	61
Tableau 37 : SWOT – Gouvernance de l'eau	62
Tableau 38 : SWOT – Filière Olivier	64
Tableau 39 : SWOT – Filières arboricoles	65
Tableau 40 : SWOT – Filières maraichères	67
Tableau 41: Taux d'exploitation et d'intensification à la parcelle	70

Liste des abréviations

AB	Ain Boumorra
AB1	Périmètre irrigué Ain Boumorra 1
AB2	Périmètre irrigué Ain Boumorra 2
AB3	Périmètre irrigué Ain Boumorra 3
AEP	Alimentation en Eau Potable
AG	Assemblée Générale
APD	Avant-Projet Détaillé
Bi	Besoins initiaux
BPEH	Bureau de Planification et des Equilibres Hydrauliques
CA	Conseil d'administration
CES	Conservation des Eaux et du Sol
CRDA	Commissariat Régional au Développement Agricole
CTV	Cellules territoriales de Vulgarisation Agricole
DG	Direction Générale
DG BGTH,	Direction Générale des Barrage et des Grands travaux Hydrauliques
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eaux
DT	Dinar Tunisien
g/l	Gramme par litre
GDA	Groupement de Développement Agricole
GES	Gaz à effet de serre
GIC	Groupement d'Intérêt Collectif
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
ha	Hectare
ICAPT	Implémentation de Pratiques Agricoles intelligentes face aux Changements Climatiques en Tunisie
INAT	Institut National Agronomique de Tunis
INM	Institut National de la Météorologie
KfW	Banque de développement Allemande
Km	Kilomètre
KWH	Kilo Watt Heure
l/s	Litre par seconde
m ³ /an	Mètre cube par an
m ³ /jr	Mètre cube par jour
MARHP	Ministère Tunisien de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche
MITE	Ministère Italien de la Transition Ecologique
Mm/an	Millimètre par an
Mm ³ /an	Million de mètre cube par an
MWh	Million de Watt Heure
NO	Nord-Ouest
NT	Norme Tunisienne
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PPI	Périmètre public Irrigué
PPIs	Périmètres Publics Irrigués
PTF	Partenaires techniques et financier
SECADENORD	Société d'Exploitation du Canal et Adductions des Eaux du Nord
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
STEG	Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz

SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
TSE	Taux des superficies exploitables
UTAP	Union tunisienne de l'agriculture et de la pêche
UTICA	Union Tunisienne de l'industrie, du commerce et de l'artisanat
Vd	Volume distribué
Vd	Volume distribué

Introduction

Le présent rapport est relatif à l'étude confiée par MEDREC au bureau d'étude AGER, portant sur le diagnostic des périmètres publics irrigués (PPI), dans la zone aval du barrage de Nebhana.

Le diagnostic a été effectué en partant d'une approche systémique, considérant à la fois le système d'irrigation, le système de culture, la gouvernance de l'eau et l'environnement socioéconomique.

Il a été effectué dans un premier temps, à travers : (i) un diagnostic global des infrastructures, (ii) une enquête « Exploitants », et (iii) des entretiens avec les GDA et les principales parties prenantes.

Les résultats de cette étape ont été présentés dans le cadre d'un atelier national, consacré aussi à la sélection de deux PPIs pilotes susceptibles de bénéficier de l'appui du projet ICAPT.

Dans le cadre de cet atelier, les participants ont choisi des critères de sélection des pondérations et ont classé les PPIs en conséquence, à savoir les PPIs Dar Jamîya et Sisseb à Kairouan et Sidi Bouali à Sousse.

Ces PPIs retenus ont fait, par la suite, l'objet d'un diagnostic spécifique à la parcelle.

Deux ateliers régionaux, à Kairouan et à Sousse, organisés au profit des exploitants de ces PPIs, ont permis de discuter et valider le diagnostic relatif à leurs PPIs et surtout d'échanger autour des problématiques liées aux changements climatiques et définir de manière participative, les pistes d'intervention proposées pour le projet ICAPT ;

Il est entendu que les pistes proposées restent préliminaires, puisque le projet compte poursuivre la consultation avec les exploitants de ces PPIs, pour arrêter un plan d'action pour son intervention.

Le présent rapport présente les résultats des investigations menées, en distinguant :

- Le diagnostic systémique des PPIs retenus initialement
- Le diagnostic des PPI pilotes retenus,
- Des adaptations envisageables et des pistes d'intervention pour le projet ICAPT ;

Le rapport reprend au préalable les principaux constats relatifs au système Nebhena, formulés dans la phase de la revue documentaire.

I CONTEXTE, MISSION, CONCEPTS & METHODOLOGIE

I.1 Contexte de changement Climatique et Projet ICAPT

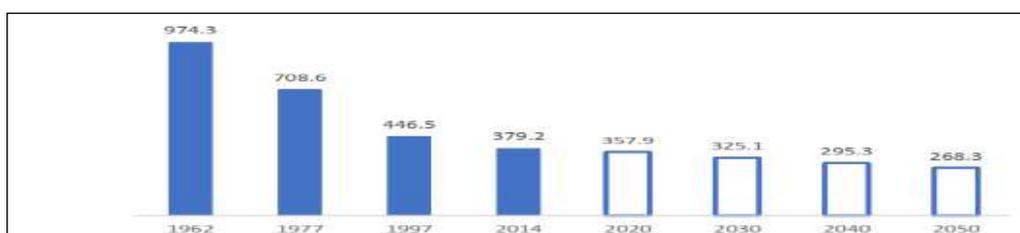
I.1.1 Changements climatiques, impacts et défis d'adaptation

Les changements climatiques (CC), qui constituent aujourd'hui une préoccupation majeure à l'échelle mondiale, sont perceptibles notamment à travers un accroissement de la variabilité spatiale et temporelle du climat et des dérèglements au niveau des précipitations et de la température.

Pour le monde agricole, les CC sont généralement perçus à travers : (i) les variations des précipitations (pluies en baisse, de plus en plus aléatoires et sporadiques); (ii) les pénuries des ressources en eau souterraine (de point de vue quantité et qualité); (iii) le décalage des saisons avec une tendance à la réduction de la saison d'hiver ; (iv) les variations de la température, qui se manifestent par l'augmentation du nombre de jours chauds, l'augmentation des vagues de chaleur et le changement des extrêmes de températures ; et (v) d'autres changements (Vents plus forts, augmentation de l'humidité, augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches, dégradation des sols, perturbation des écosystèmes et perte de biodiversité).

La Tunisie fait partie des pays méditerranéens les plus exposés aux risques générés par les CC et les moins dotés en ressources en eau. Elle assiste à un accroissement très prononcé de la variabilité spatiale et temporelle du climat, conduisant à une situation de « stress hydrique ». La gravité de la situation est illustrée notamment par : (i) le faible niveau de la quantité d'eau par habitant qui ne dépasse pas 450 m³ ; (ii) le faible niveau des précipitations annuelles moyennes qui ont atteint les 283 mm en 2019, avec des variations considérables entre les différentes régions du pays ; (iii) le faible niveau des ressources en eau, évaluées à environ 5 milliards de m³ ; (iv) la tendance à l'assèchement des réserves d'eaux souterraines et de surface ; (v) le rabattement des nappes; et (vi) dans certaines régions, l'accroissement des intrusions marines et l'accélération de la salinisation des eaux souterraines ;

Les projections réalisées par diverses études prévoient une pénurie d'eau d'ici 2040 et une perte de plus de 80 % de ses ressources en eau non-renouvelables. L'étude récente Stratégie Eau 2050 (STUDI International, GWK, 2020) prévoit entre autres l'aggravation du stress hydrique à l'horizon 2050, pour atteindre 268 m³ par habitant et par an. Aussi, après la hausse prévue du niveau de la mer, les pertes dues à la salinisation des aquifères côtiers pourraient affecter environ 50 % des ressources actuelles d'ici 2030, soit près de 150 millions de m³.



Source : Stratégie Eau 2050 (STUDI International, GWK, Décembre 2020)

Figure 1 : Evolution du stress hydrique en Tunisie de 1962 à 2050 (m³ par habitant)

Les impacts attendus de ces événements sur l'agriculture sont importants et multifformes. Dans le cas des PPIs du système Nebhana, le barrage assiste sur la longue période à une nette réduction des apports en eau

(baisse et irrégularité) et les zones situées à son aval commencent à sentir ces contraintes à travers la réduction des volumes d'eau retenus par le barrage et distribués aux PPIs. Le faible accès de ces PPIs à l'eau d'irrigation conduit notamment à la baisse l'activité et des rendements, à l'augmentation du cout de l'irrigation, à l'altération des résultats des exploitations, et par conséquent à la diminution des revenus des agriculteurs. Il conduit également à l'altération des ODD, à l'augmentation des tensions au niveau des rapports sociaux au sein des sociétés, et à l'accroissement de la vulnérabilité des petites exploitations familiales, qui ont des capacités limitées pour s'adapter, etc.

Cette situation, à laquelle s'ajoute la vétusté des équipements et réseaux collectifs d'irrigation, le caractère fort consommateur de l'agriculture irriguée par rapport à d'autres secteurs productifs et la non-optimalité de sa gestion, la priorité accordée à l'eau potable, affectera l'agriculture et nécessitera d'importants efforts d'adaptation à la nouvelle donne.

Un important effort d'adaptation est à fournir, tant du côté du secteur public que du secteur privé.

Le secteur public est appelé à mettre en œuvre des stratégies et des moyens visant à relever ces défis. A cet effet, plusieurs stratégies et réformes ont été engagées en Tunisie, dont notamment : l'élaboration du plan national d'adaptation pour les secteurs de l'agriculture et des écosystèmes (GIZ 2007), l'étude stratégique Eau 2050 (ITES, juin 2011), l'élaboration de la Stratégie nationale sur le CC de la Tunisie (GIZ, 2011), le plan national d'économie d'eau, la stratégie nationale de lutte contre le CC (2012), et l'élaboration de la vision et de la stratégie 2050 (STUDI International, GWK, décembre 2020). Aussi ont été réalisés des investissements en infrastructures (barrages, stations de dessalement, ...) et dans l'amélioration de la connaissance des problématiques associées aux CC.

Le secteur privé est appelé à s'adapter à ces changements en adoptant des stratégies mettant en œuvre une combinaison de mesures et ajustements appropriés, passant par exemple par : (i) le changement d'assolement agricole (transition vers des cultures moins consommatrices d'eau et à plus haute valeur ajoutée) diversification des cultures; (ii) la gestion des terres et des eaux; (iii) la modification des dates de plantation; (iv) le changement des plans d'assolement; (v) la diversification des variétés végétales; (vi) l'assurance des récoltes; (vii) la diversification des sources de revenus; (viii) l'utilisation conjuguée des eaux de surface et souterraine, le développement de nouvelles sources d'eau (approfondissement des forages, la achat et vente d'eau sur des marchés d'eau informels), (ix) la vente des terres et la reconversion vers l'agriculture pluviale; (x) l'exode, etc. ...

I.1.2 Projet ICAPT

La Tunisie a bénéficié de la coopération internationale en matière de CC et de gestion de l'eau, à travers le financement des études et/ou des investissements. On note à ce propos : (i) la contribution des partenaires techniques et financier (PTF), notamment la GIZ, la KfW, l'Agence française de développement (AFD), la Banque mondiale, la coopération italienne, etc., et (ii) l'Accord de Paris ratifié en février 2017, qui a incité les pays à formuler des stratégies de développement à long terme à faibles émissions de gaz à effet de serre (LT-LEDS), afin de contribuer aux efforts internationaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)¹. Cet accord offre à la Tunisie des ressources financières pour mettre en œuvre une partie des actions programmées.

1 <http://www.environnement.gov.tn/index.php/fr/environnement-en-tunisie/les-changements-climatiques/engagements-et-priorites-de-la-tunisie-en-vertu-de-l-accord-de-paris-sur-le-climat>

Le projet ICAPT « Implémentation de Pratiques Agricoles intelligentes face aux Changements Climatiques en Tunisie » est un projet mis en œuvre par MEDREC (Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables), dans le cadre de la coopération technique entre le Ministère Italien de la Transition Ecologique (MITE) et le Ministère Tunisien de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP).

Ce projet vise à identifier et à mettre en œuvre des solutions efficaces et durables en vue d'optimiser l'utilisation des terres avec un rendement eau-valeur maximal et des pratiques à faible consommation d'énergie dans les Périmètres Publics Irrigués (PPIs) en aval du barrage de Nebhana, dans les gouvernorats de Kairouan, Sousse, Monastir et Mahdia, et ce à travers :

- a) La réduction des émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) en utilisant des technologies à faible consommation d'énergie,
- b) La mise en place d'une gestion intelligente et économe en énergie dans des zones agricoles,
- c) Le développement des chaînes de valeur associées et des ressources associées,
- d) Le renforcement de la résilience des communautés agricoles et des moyens de subsistance ruraux face au changement climatique en adoptant une approche participative basée sur la concertation entre les différents acteurs locaux et en implémentant des solutions énergétiques efficaces et durables,
- e) La sensibilisation et l'implication des agriculteurs dans une approche agricole intelligente face au climat par la mise en place de zones agricoles intégrées pilotes, et par l'échange d'expériences techniques et managériales,
- f) L'amélioration de la productivité et la durabilité de l'agriculture,
- g) L'installation d'une centrale photovoltaïque et d'une armoire à variateurs de vitesse pour l'alimentation de la station de pompage d'eau potable à Chott El Fejj, Gabès.

Le projet ICAPT fait donc partie de la contribution du MARHP à la réalisation des objectifs de développement durable, notamment par la mise en œuvre de ces actions :

- Promouvoir l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, enrayer la dégradation des sols et lutter contre la désertification, conformément à la Stratégie nationale de développement durable ;
- Promouvoir les technologies vertes et les emplois verts dans le secteur agricole ;
- Promouvoir les technologies agricoles à haute efficacité énergétique et les technologies conformes à la stratégie nationale de conservation de l'énergie.
- Adapter les cultures irriguées dans les régions centrales de la Tunisie et adapter le système de production mixte agriculture-élevage au changement climatique dans les régions vulnérables.

Cadre général	
Nom du projet	: ICAPT
Zone d'intervention	: Gouvernorats de Kairouan, Mahdia, Monastir, Sousse
Client	: MARHP ; MEDREC-Tunisie
Financement	: Coopération Italienne
Durée du projet	: 30 mois. Mai 2021 – Novembre 2023
Objectifs du projet	: <i>Mise en œuvre de pratiques agricoles intelligentes face au climat en Tunisie</i>
Date de Lancement	: Mai 2021
Budget Total	: 2.560.000 €
Nom de la mission	: Réalisation d'un diagnostic participatif systémique des PPIs de la zone aval du barrage Nebhana, principalement sur les PPIs de Sousse et de Kairouan.

I.2 Objectifs, concepts et méthodologie de l'étude

I.2.1 Objectifs et approche du diagnostic

La mission de diagnostic confiée au bureau AGER vise précisément la réalisation d'un diagnostic participatif systémique des PPIs de la zone aval du barrage Nebhana, principalement sur les PPIs de Sousse et de Kairouan.

Les objectifs spécifiques sont les suivants : (i) Caractériser l'historique et les problématiques des PPIs, et l'évolution de l'offre et de la demande en eau et en énergie ; (ii) Identifier les contraintes et les problématiques spécifiques liées aux ressources « eau et sol », en particulier le/les systèmes d'irrigation, et le/les systèmes de culture; (iii) Analyser le comportement des agriculteurs face à un besoin pressant en eau et en énergie ; (iv) Caractériser les chaînes de valeur ; (v) Formuler des suggestions concertées concernant notamment, les solutions à proposer pour pallier aux forts besoins en irrigation et en énergies renouvelables, le bon scénario permettant d'atteindre un équilibre entre la consommation de l'eau et la consommation de l'énergie, pour une bonne gestion de la ressource, la manière la plus adéquate de la gestion de l'eau entre les bénéficiaires, (iii) le renforcement des capacités des agriculteurs en matière de changement climatique : Identification des besoins des agriculteurs en formations (formation technique – eau; formation technique – Energie; pratiques agricoles adéquates ; Technologies futures, etc. ...).La démarche convenue, avec le comité technique, consiste en la réalisation d'un diagnostic rapide, suivant une approche systémique et participative.

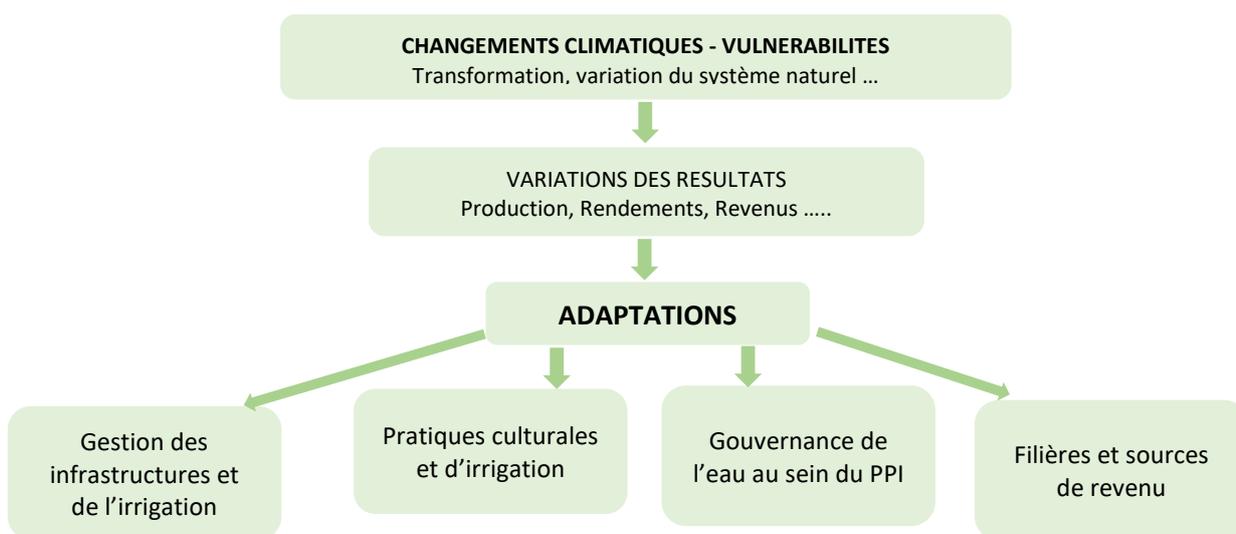
L'approche du diagnostic est systémique, au sens où elle distingue quatre dimensions complémentaires, à savoir principalement le système d'irrigation et le système de culture, et dans une moindre mesure le système de gestion de l'eau et le système socio-économique ; tout en observant leurs interactions.

- Le système d'irrigation est analysé dans un premier temps à travers un diagnostic de l'état global, du fonctionnement et des performances des infrastructures de l'ensemble des PPI, et dans un deuxième temps, à travers un diagnostic spécifique à la parcelle, dans le cas des PPI pilotes retenus.
- Le système de culture est analysé à travers des observations sur la mise en valeur agricole, les pratiques agricoles et d'irrigation, les besoins en eau et en énergie et les résultats obtenus.
- La gouvernance de l'eau d'irrigation est analysée à travers l'observation du niveau d'engagement des GDA, de la situation des GDA, du système de gestion de l'eau et de tarification appliqués des GDA et de la satisfaction des services rendus par les GDA.
- Le système socio-économique est analysé à travers un état des lieux rapide des principales filières agricoles présentes dans la zone du projet, en couvrant notamment, les maillons Production, Transport, Transformation, et Commercialisation, et cherchant les possibilités de valorisation et de création de revenu.

Comme le diagnostic est mené dans le contexte de CC, les investigations menées au niveau de chaque système se sont focalisées sur les vulnérabilités – contraintes et les adaptations observées et envisageables.

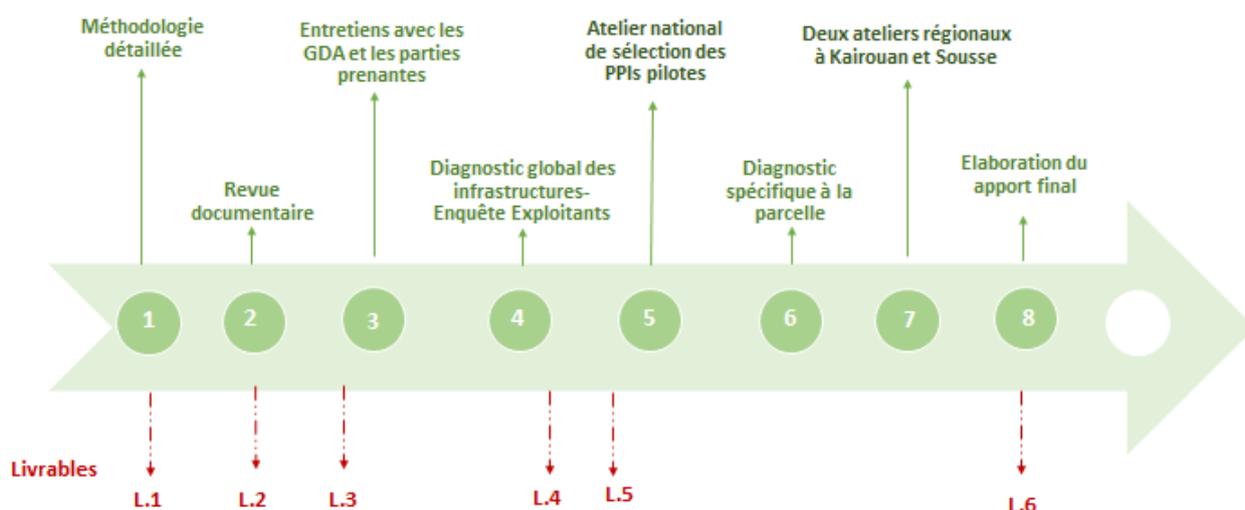
L'approche du diagnostic est participative, au sens où elle cherche à associer les différentes parties prenantes dans toutes les phases (entretiens et restitution des résultats) et en particulier à travers la sélection des PPIs pilotes et l'approfondissement du diagnostic dans le cadre de deux ateliers régionaux à Kairouan et à Sousse.

L'adaptation aux changements climatiques, observée ou envisageable, est à rechercher dans les quatre sous-systèmes retenus, en gardant à l'esprit la logique résumée par le schéma suivant :



I.2.2 Déroulement de la mission

La mission s'est déroulée à travers sept activités et a produit six livrables, résumés par le schéma suivant :



- Activité 1 :** Démarrage de la mission et définition de la méthodologie. La proposition du consultant a été discutée et validée par le comité technique ([Livrable 1](#))
- Activité 2 :** Revue documentaire : Le consultant a collecté une large documentation et des statistiques, à partir des structures nationales, des CRDA et des GDA. L'analyse de cette documentation a fait l'objet du [Livrable 2](#).
- Conformément aux TdR, en guise de préparation des investigations sur le terrain, des check-lists des entretiens et questionnaire d'enquête ont été élaborés par le consultant ([Livrable 3](#))
- Activité 3 :** Des entretiens avec les GDA et les parties prenantes ont été effectués par les experts du bureau, en vue de vérifier quelques appréciations soulignées dans la revue documentaire,

collecter des informations complémentaires sur les GDA et PPIs et surtout cerner l'échantillonnage servant pour l'enquête.

4. **Activité 4** : L'enquête a touché un échantillon de 73 exploitants dans les PPIs (AB2, AB, Dar Jamîya, Sisseb, Chott Mariem, Chott Erroman et Sidi Bouali). Elle a porté principalement sur le système de culture et l'adaptation aux CC. Le diagnostic global des infrastructures a porté sur ces PPIs et en plus sur le PPIs AB1. Les résultats de ces travaux ont été consignés dans le rapport d'analyse des données ([Livvable 4](#)).

Sul la base des constats dégagés par ce rapport, et conformément aux TdR, le consultant a préparé une note conceptuelle pour la sélection des PPIs pilotes, discutée et validée par le comité technique ([Livvable 5](#)).

5. **Activité 5** : Organisation d'un atelier national de restitution et de sélection des PPIs pilotes.
6. **Activité 6** : Elaboration d'un diagnostic spécifique à la parcelle au près d'un échantillon de cinq exploitations dans les PPIs retenus (Dar Jamîya, Sisseb et Sidi Bouali).
7. **Activité 7** : Organisation de deux ateliers régionaux de restitution et d'approfondissement du diagnostic ; l'un à Kairouan, l'autre à Sousse.
8. **Activité 8** : Elaboration du rapport final la mission ([Livvable 6](#)) et clôture de la mission par un atelier national de restitution des résultats.

Les guides d'entretien, les questionnaires et échantillon de l'enquête sont présentés en annexe.

L'approche adoptée est foncièrement participative comme demandé par le comité technique et l'équipe du projet ICAPT. Cela concerne particulièrement les ateliers.

- **S'agissant de l'atelier national (activité 5)**, son objectif était de restituer les résultats préliminaires et de sélectionner de manière participative des PPIs susceptibles de bénéficier de l'appui du projet ICAP ;

La démarche adoptée s'est déroulée en gros comme suit : (i) préparation par le bureau AGER d'une note conceptuelle portant sur l'organisation et le déroulement de l'atelier, et d'une liste préalable de critères de sélection ; (ii) invitation à l'atelier des représentants des structures nationales et régionales concernées par la gestion de l'eau d'irrigation du système de Nebhena ; (iii) discussion et proposition des critères par groupes thématique, (iv) hiérarchisation et sélection de 10 critères en plénière ; (v) discussion de la situation des PPIs, notation et classement des PPIs (par groupes régionaux).

- **S'agissant des ateliers régionaux (Kairouan et Sousse) (activité 7)**, leur objectif était de restituer et compléter le diagnostic des PPIs retenus, d'identifier les principaux problèmes et de formuler des propositions au projet ICAPT.

La démarche adoptée pour chaque atelier, s'est déroulée en gros, comme suit : (i) préparation, en concertation avec le comité technique, de l'organisation des deux l'ateliers ; (ii) invitation à l'atelier d'un groupe d'exploitants du PPI et des structures du CRDA concerné ; (iii) présentation et discussion de l'analyse SWOT par thématiques (Système d'irrigation, Système de Culture et Filières ;) ; (iii) identification des principaux problèmes ressentis au niveau du PPI concerné ; et (iv) identification des pistes d'amélioration à proposer au projet ICAP ;x).

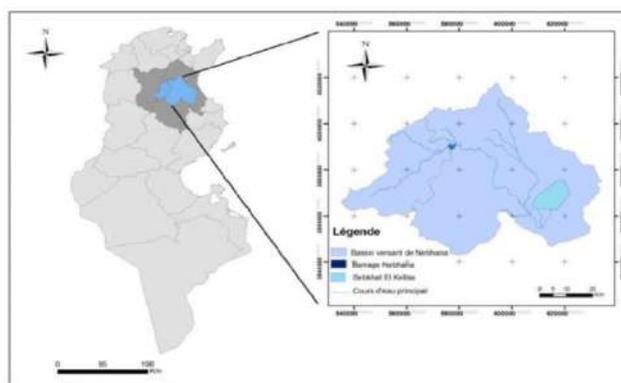
II SYSTEME NEBHENA & TENDANCES DE L'OFFRE ET LA DEMANDE DE L'EAU D'IRRIGATION.

II.1 Présentation sommaire du système Nebhena

II.1.1 Situation géographique et climatique

Le bassin versant de Nebhana, situé en Tunisie centrale, s'étend sur quatre gouvernorats (Sousse, Kairouan, Siliana et Zaghuan) et bénéficie plusieurs cours d'eau insuffisamment exploités.

A partir des discussions avec les parties prenantes, il ressort que : (i) le barrage de Nebhana ne récupère qu'une faible part des ressources en eau provenant de la dorsale tunisienne. Une part importante est non exploitée et versée dans la Sebket el Kelbia ; (ii) des oueds en amont du barrage de Nebhana pourraient être mis à profit par des travaux de CES pour alimenter le barrage de Nebhana ; et (iii) un potentiel non négligeable semble pouvoir être mobilisé à partir d'une meilleure exploitation du lac collinaire de Oued Lassoued, situé en amont du barrage. L'ensemble de ces considérations gagnerait à être appuyé par une étude technique.



Source : Oussaifi (2013)²

Figure 2 : Situation géographique du bassin versant de Nebhana

Le climat du bassin versant de Nebhana est du type super arides pour les PPI de Kairouan et semi-aride pour les PPI de Sousse³. Selon les prévisions à l'horizon 2050, les CC pourraient transformer ces zones, respectivement en zones hyper aride et aride, et accentuer l'assèchement et la salinisation des nappes de la région du Sahel⁴.

Les PPIs du gouvernorat de Kairouan font partie de l'étage bioclimatique aride supérieur, à hiver tempéré. Il s'agit d'un climat continental marqué par un été très chaud et un hiver froid. Les pluviométries enregistrées sont caractérisées par une grande variabilité interannuelle et une mauvaise répartition saisonnière. Cette irrégularité caractérise le régime pluviométrique de la Tunisie centrale. La pluviométrie moyenne adoptée par les bureaux d'études lors des calculs des besoins des plantes de ces PPIs est de l'ordre de 335,4 mm/an

² Oussaifi Dalel : Modélisation hydrologique des apports liquides du bassin versant du barrage Nebhana. Thèse- INAT 2013

³ La température minimale moyenne est évaluée à 13,8°C et la température maximale moyenne est à 25,7°C (1974-2018). L'été est la saison la plus chaude avec des moyennes supérieures à 30°C. L'hiver enregistre des moyennes inférieures à 10°C, avec un minimum pour le mois de février de 7°C. La pluviométrie moyenne (1974-2018) est évaluée à 295 mm pour la station de Kairouan. Les précipitations sont très irrégulières généralement de courtes périodes et de fortes intensités. Elles connaissent une fluctuation d'une année à une autre et une variabilité à l'échelle du bassin conditionnée par plusieurs paramètres dont l'altitude, la direction des vents où les limites naturelles.

⁴ Selon l'INM, la température pourrait augmenter de 3°C d'ici 2050, alors que les précipitations diminueraient de 10 à 30%.

Les PPI du gouvernorat de Sousse font partie d'un climat steppique et appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur. Malgré la faiblesse de reliefs dans les zones des PPIs, l'influence du littoral reste très nettement manquée aussi bien au niveau des précipitations, des températures et de la fréquence des phénomènes exceptionnels. La pluviométrie moyenne adoptée par les bureaux d'études lors des calculs des besoins des plantes de ces PPIs est de l'ordre de **337 mm/an**. La région du Sahel est soumise à un climat méditerranéen littoral caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides, de transition entre les étages arides au sud-ouest et semi-arides sur la zone côtière à l'Est. Elle a assisté au cours des vingt dernières années, à des changements climatiques affectant les systèmes agricoles et les modes d'exploitation dans cette région. Le réchauffement moyen est estimé à 1°C entre 2000 et 2020. Les régimes pluviométriques ont connu une tendance à l'abaissement, de l'ordre de 5 à 10 %.

II.1.2 Système de Nebhana : Vue d'ensemble

Le système Nebhana est constitué du Barrage de même nom, d'un réseau de conduites et d'une connexion avec le réseau de la SONEDE. Sa gestion fait intervenir cinq principaux acteurs, à savoir : la DG BGTH, le BPEH, la SECADENORD, les quatre CRDAs et la SONEDE.

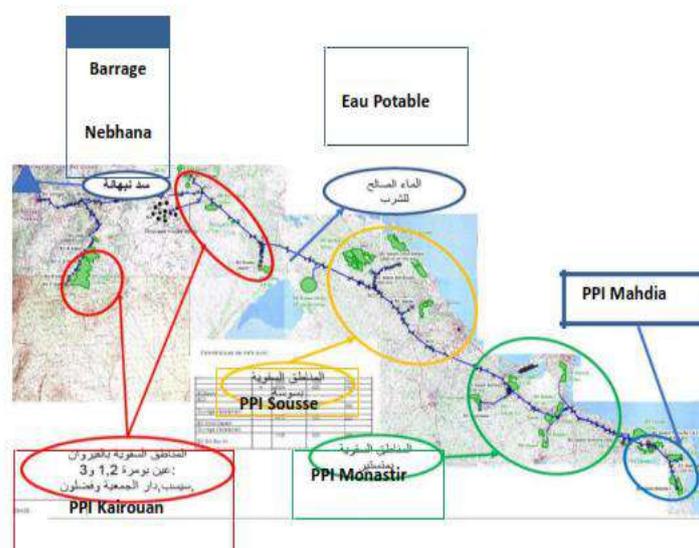


Figure 3 : Illustration de la configuration du système Nebhana

La réserve du barrage est utilisée actuellement à deux fins principales, l'irrigation et l'alimentation en eau potable (AEP), ce qui crée des tensions en période estivale notamment.

L'irrigation concerne 28 PPIs des CRDA de Kairouan, de Sousse, Monastir (Bembla) et de Mahdia.⁵

L'Alimentation en eau potable (AEP) consiste en un soutien à la demande d'AEP de la région du Sahel et de Sfax, en période estivale et en hivers lorsque les quantités d'eau disponibles. Cette tâche est confiée à la SONEDE, qui effectue, depuis le début des années 1990, des actions de tirage et de retour d'eau,

L'intervention de la SONEDE a créé une perturbation dans la fourniture de l'eau d'irrigation aux CRDA. Les perspectives de sortie de la Sonede, avec l'entrée en service du bassin de stockage des eaux du Nord au niveau de Kalâa El Kbir et de stations de dessalement, contribueraient à alléger cette contrainte.

⁵ L'irrigation des PPIs de Mahdia n'était pas prévue dans la conception initiale.

La gestion de l'eau d'irrigation de Nebhana, fait intervenir le BPEH au niveau de la programmation⁶, la SECADENOD au niveau de la gestion pratique⁷, et les CRDA comme intermédiaires vis-à-vis des DGA. Cette gestion, marquée par le système de quota, est soumise à des tensions entre les CRDA et les agriculteurs, en périodes sèches notamment⁸.

En particulier, l'information sur le quota est parfois reçue à mi-novembre, ce qui ne permet pas de programmer les cultures et l'organisation du GDA. Le système Nebhana est en effet délicat à gérer puisqu'il repose sur un seul barrage qui se trouve à l'aval d'un bassin versant semi-aride, avec des apports limités et irréguliers

Certains prélèvements avaient eu lieu dans le passé pour des usages industriels (Tunisie-Lait) et domestiques (Tourisme, irrigation du terrain de golf).

Quelques caractéristiques techniques du barrage de Nebhena :

- Capacité initiale : 84 millions de m³ d'eau dans un réservoir d'une superficie de 532 hectares.
- Niveau de retenue normal : 230 m, correspondant à 64,5 millions de m³. Surface couverte à la même côte : 540 ha.
- Eau du barrage Nebhana est de bonne qualité : la salinité est souvent inférieure à 0,9 g/l.
- Débit maximal normal de l'ordre de 2115 l/s (fourniture d'un volume de 5.481 Mm³ pendant le mois de juin).
- Débit maximal exceptionnel correspond à l'éventualité d'un arrêt des forages de Bled Sisseb pendant le mois le plus chargé ; le barrage devrait alors fournir 5.248 Mm³, soit un débit de 2025 l/s pendant le mois de mai.

Les irriguants dans le bassin de Nebhena disposent en principe, en plus des eaux provenant du barrage, de ressources complémentaires, dont la disponibilité est irrégulière et la qualité en dégradation.

Les ressources souterraines sont utilisées par les deux CRDA Kairouan et Sousse, à partir de l'année 2018, en creusant des forages pour une irrigation de complément pour pallier à l'effet de la sécheresse. Cependant, les nappes de Kairouan assistent à une nette dégradation, observable à travers : (i) la tendance à la baisse de piézométrie (niveau de la nappe), (ii) la dégradation de la qualité de la nappe et surtout son assèchement, et (iii) les difficultés de recharger artificiellement à partir d'une autre source d'eau. Les eaux des nappes de Sousse sont généralement de qualité moyenne, étant donné la nature souvent gypseuse du réservoir aquifère et l'invasion de la nappe par les eaux salées des sebkhas ou de la mer dans les zones côtières. Les nappes phréatiques sont en majorité utilisées pour l'agriculture. Les changements climatiques observés et prévisibles contribueront à la dégradation de la qualité de ces nappes.

Nappes et forages dans le gouvernorat de Kairouan, concernant les PPI de Sbikha :

- La nappe phréatique de Ain Boumorra et la nappe profonde de Sisseb El Alem, qui est actuellement exploitée surtout pour le pompage pour des transferts d'eau vers le Sahel.
- En 2019, le CRDA a créé deux nouveaux forages dans le cadre d'un programme de renforcement des ressources en eau d'irrigation : AB3-F6 et AB2-FC et affectés aux périmètres de Ain Bou Morra 3 et 2.

Nappes et forage dans le gouvernorat de Sousse :

- Sept (07) nappes phréatiques, dont deux situées au niveau des PPIs de Sidi Bouali Kondar et de Chott Mariem,
- Cinq (05) nappes profondes, dont la nappe de Balaoum. L'infrastructure y afférente comporte 3 forages à Balaoum, raccordés au réseau et d'autres forages non exploitables (sidi Bouali). Actuellement, il existe un projet de forages à Nfidha, en phase de gestion.

⁶ Le BPEH, rattaché au cabinet du Ministre, assure la programmation hydraulique annuelle, la coordination entre les services de production de l'eau et ceux de sa consommation (lanification et la négociation entre l'AEP et l'irrigation et entre les 4 CRDAs.

⁷ La SECADENORD gère le réseau hydraulique et distribue l'eau à partir du barrage Nebhana, vers les CRDAs Kairouan, Sousse, Monastir, Mahdia et la SONEDE, selon des quotas élaborés par le BPEH.

⁸ Plusieurs autres acteurs sont concernés, dont notamment les CRDAs et leurs arrondissements, les structures du MARHP au niveau central, les structures des autres départements ministériels, et les organisations professionnelles UTAP, SYNAGRI et GDA.

L'exploitation des eaux non conventionnelles est encore peu développée en Tunisie, et encore moins dans la zone du projet, pour constituer une alternative sur le court et moyen terme.

Les eaux traitées et saumâtres sont peu envisageables à l'état actuel de la maîtrise technique, du niveau des coûts de production et de l'acceptabilité par les agriculteurs. La recharge des nappes constitue une alternative fortement dépendante des possibilités de transfert de l'eau du nord.

La recharge artificielle des nappes est effectuée à partir des réserves en eau des barrages et concerne des nappes affectées par la salinisation et l'intrusion marine. Les volumes les plus importants ont servi à la recharge de la nappe de Kairouan.

L'utilisation de l'eau de Nebhana repose sur un certain nombre de principes et une tarification qui diffère d'un CRDA à l'autre.

Les principaux principes de gestion et de tarification portent notamment sur : (i) le maintien d'un stock technique dans le barrage de 2 Mm³, (ii) l'adoption d'une gestion par quota⁹, à partir de 2007, pour garantir sa bonne répartition avec la possibilité de réguler les quantités convenues, en cas d'apports additionnels dans le barrage ; (iii) la désignation du BPEH pour la définition des quotas et la SECADENORD pour la gestion des quotas et des ventes, en étroite concertation avec ses partenaires, à savoir les quatre CRDAs et la SONEDE, (iv) la désignation des CRDAs pour procéder à la vente aux PPIs/GDA, et (v) l'application d'une tarification variable d'un CRDA à l'autre pour tenir compte de la disponibilité d'autres ressources, notamment les plus larges possibilités de recharge gratuite de la nappe, dans le gouvernorat de Monastir¹⁰.

Il importe de constater que les quotas accordés aux CRDAs tendent à baisser ces dernières années.

II.1.3 Présentation sommaire des PPIs de la zone

Les 28 PPIs concernés par l'eau d'irrigation provenant de Nebhana couvrent une superficie d'environ 6851 ha, concentrée principalement à Monastir (36%), à Sousse (35%) et à Kairouan (25%) et dans une moindre mesure à Mahdia (4%). A noter que certains PPIs ne sont plus fonctionnels et que les superficies se resserrent depuis la création des périmètres suite de l'insuffisance en eau, la salinisation, l'urbanisation des terres agricoles, et

Au niveau de chaque PPI, la gestion de l'eau est assurée par un GDA, sauf pour le cas des deux périmètres irrigués de Sisseb et Dar Jamîya, où la gestion est assurée par un (01) seul GDA

⁹ Les quotas sont définis au niveau du BPEH pour la saison (Octobre - Août), en procédant à une répartition de l'eau entre les quatre CRDAs et la SONEDE. L'affectation se fait selon un certain nombre de critères, notamment les volumes existants (et éventuellement des apports estimés), les besoins exprimés par les CRDAs, les superficies, les périodes des besoins, l'existence ou non de systèmes goutte-à-goutte, l'existence ou non d'accès à d'autres sources etc. ...

¹⁰ La tarification appliquée par la SECADENORD en 2022 était de : 69,43 millimes par m³ pour Kairouan, Sousse, et Mahdia et de 75,43 millimes par m³ pour Monastir

Tableau 1 : Répartition des périmètres irrigués à partir du système Nebhana

Gouvernorat	Délégation	Nom des PPIs	Sup. du PPI (ha)	Nb de Bénéficiaires	Total S. PPIs (ha) et %	Source d'irrigation
Kairouan	Sbikha	ABM 1	1230	547	1699 (25%)	Barrage Nebhana (BN)
		ABM 2				
		ABM3				
		Sisseb	70	38		
		Dar Jamîya	200	137		
		Fadhoun	162	278		
Sousse	Sidi Bouali	Sidi Bouali	952	571	2413 (35%)	Barrage N
	Akouda	Chott Mariam	576	357		Barrage N
	Akouda	Chott Erroman	205	170		Barrage N
	Kondar	OTD Nfidha	140	1		Barrage N
	Kalaa Kebira	Balaoum1- ElBora 2	360	200		Barrage N + Forage
	Kalaa Kebira	Chiab	180	71		Barrage N
Monastir		14	2487		2487 (36%)	Barrage N+F
Mahdia		2	252		252 (4%)	Barrage N+F
TOTAL	14 Délégations	28	6851		6851 (100%)	

Sources : Liste des PPIs ; CRDAs de Sousse et Kairouan, Etude APD ; BICHE, Etude processus dialogique pour une gestion intégrée des ressources en eaux de Nebhana ; AGER.

Les six PPIs de Kairouan alimentés par le barrage de Nebhana qui sont : les secteur AB1, AB2 et AB3 du périmètre public de Ain Boumorra¹¹, Fadhoun, Dar Jamîya et Sisseb, qui se trouvent tous dans la délégation de Sbikha.

- **Le PPI Ain Boumorra** appartient à la délégation Sbikha du gouvernorat Kairouan. Il est composé de trois sous PPIs : (i) AB1 : Nommé aussi C et D et constitue la partie centrale du PPI de Ain Boumorra et appartient au secteur Friouette ; (ii) AB 2 : Nommé aussi A et B et constitue la partie nord du périmètre public irrigué Ain Boumorra et appartient au secteur Ain Boumorra ; (iii) AB 3 : Nommé E et F et constitue la partie sud du périmètre public irrigué Ain Boumorra et appartient au secteur Serdiana.

Ce PPI a été créé en 1973 et réhabilité en 2012. Sa superficie totale est d'environ 1200 ha, exploités par 547 exploitants, dont 63% sont propriétaires et 37% sont exploitants de terres domaniales. La superficie moyenne par exploitant est de 2,2 ha.

Les ressources en eau proviennent du barrage Nebhana et d'un forage situé à Boumourra 2. Un deuxième forage est en cours de construction. Cependant, la nappe phréatique tend à l'assèchement.

Le mode de transport des eaux est gravitaire, bénéficiant d'un terrain très plat et d'une pente douce, avec un problème d'hydromorphie caractérisant les sols des zones basses déjà avant même la création du périmètre irrigué¹². Le débit au piquage CRDA/PPI varie entre 165 et 260 l/s selon le PPI.

Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 5,749 Mm³/an.

- **Le PPI Fadhoun** est créé en 1973 et réhabilité en 1995. Il est situé au Nord-Est de la délégation Sbikha au niveau de la localité d'El Gfay et couvre une superficie de 164 ha exploitée par 167 agriculteurs, disposant d'une parcelle moyenne de taille réduite, soit 0,65 ha.

¹¹ Appelés dans ce qui suit PPIS de AB1, AB2 et AB3.

¹² Cette hydromorphie est due au fait que ce périmètre est initialement aménagé sur un glacié sillonné par des ravins qui drainent les eaux de ruissellement de l'amont vers les zones basses

L'eau provenant de Nebhana est transportée en mode gravitaire. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 0,380 Mm³/an, soit 2315 m³/ha/an

- **Le PPI Dar Jamîya** est créé en 2002 et non encore réhabilité. Il est situé à Sbikha sur une superficie de 200 ha, regroupant 137 bénéficiaires, soit 1,46 ha/exploitant.

L'eau provient du barrage de Nebhana avec un débit des équipements de 50 l/s à l'entrée du PPI.

Les besoins en eau sont estimés à 0,613 Mm³/an, soit 3066 m³/ha/an.

- **Le PPI Sisseb** est un petit PPI, qui a été décrété en 1986. Il est situé au Nord-Est de la zone d'étude et au niveau de la localité d'Aouitha de la délégation de Sbikha. Sa superficie initiale de 70 ha (118 en 2015-2015), regroupe 38 bénéficiaires (58 actuellement), soit une superficie de 2ha/exploitant.

L'eau provient du barrage de Nebhana en mode gravitaire. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 0,613 Mm³/an, soit et 3066 m³/ha/an.

A noter que les PPIs de Dar Jamîya et Sisseb ont le même GDA. Le réseau de canalisations de distributions dans les PPIs de Kairouan ont une longueur globale de l'ordre de 120 km. Les réseaux de distribution sont en PEHD dans les PPI Ain Boumorra et en Amiante ciment dans les PPIs Sisseb, Dar Jamîya et Fadhloun. Le débit adopté par prise est de l'ordre de 5l/s pour tous les PPIs et avec une densité de deux (02) ha par compteur.

Les cinq PPIs de Sousse, alimentés par le barrage de Nebhana, sont Chott Erroman, Chott Mariem, Sidi Bouali, Chiab et Balaoum, et s'étendent sur 2237 ha.

Ces PPIs font partie d'une région caractérisée par un climat steppique et appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur. Malgré la faiblesse de reliefs dans les zones des PPIs, l'influence du littoral reste très nettement marquée aussi bien au niveau des précipitations, des températures et de la fréquence des phénomènes exceptionnels.

La situation des PPI Chott Erroman et Chott Mariem est très sensible, vue l'invasion de l'urbanisme et l'augmentation de la valeur foncière des terrains qui s'ensuit.

- **Le PPI Chott Erroman** est situé dans la délégation de Akouda. Il a été créé en 1973. Sa superficie est de 205 ha, exploités par 170 exploitants. La superficie moyenne par exploitant est de 1,21 ha.

L'eau provenant du barrage Nebhana arrive en mode gravitaire avec un débit au piquage CRDA de 175 l/s. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 1,210 Mm³/an et 5854 m³/ha/an.

- **Le PPI de Chott Mariem** est créé en 1973 et réhabilité en 2012. Il est situé dans la délégation de Akouda, et s'étend sur une superficie de 576 ha. Il est naturellement divisé en trois zones par les oueds Temra, Djaidane et Gaia qui descendent des collines argilo-marneuses, bordant le littoral à 2 ou 3 km de celui-ci.

L'eau provenant du barrage Nebhana arrive en mode gravitaire avec un débit au piquage CRDA de 320 l/s. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 3,310 Mm³/an et 5747 m³/ha/an.

- **Le PPI de Sidi Bou Ali** est créé en 1973 et réhabilité en 2011. Il s'étend à proximité de l'agglomération du même nom est situé en bordure de la route GP 1 à 15 km environ au NO de Sousse. De forme assez compacte. Sa superficie 952 ha est répartie entre 571 exploitants.

L'eau provenant du barrage Nebhana arrive en mode gravitaire avec un débit au piquage CRDA de 360 l/s. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 3,900 Mm³/an et 4097 m³/ha/an.

- **Le PPI Chiab** est situé dans la délégation de Kalâa Kebira. Il a été créé en 2004 et réhabilité en 2017. Sa superficie initiale de 190 ha, est possédée par 93 exploitants. La superficie exploitable actuelle est de 120 ha appartenant à 54 exploitants. Le reste de la superficie est urbanisée et/ou non exploité.

L'eau provenant du barrage Nebhana arrive en mode gravitaire. L'infrastructure a été renforcée en 2017 par la création d'un forage, d'un bassin et de la recharge des conduites. Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 0,407 Mm³/an et 2315 m³/ha/an.

- **Le PPI Balaoum1 – Elbora2** est situé dans la délégation de Kalâa Kebira. Il a été créé en 2003 et réhabilité en 2018. Sa superficie exploitable est de 340 ha, possédés par 120 exploitants.

L'eau arrive du barrage de Nebhana en mode gravitaire. L'infrastructure est renforcée par deux sondages et un château d'eau. Quant aux besoins en eau ils sont estimés à 0,843 Mm³/an et 2315 m³/ha/an.

II.2 Tendances de l'offre et de la demande de l'eau de Nebhena

L'offre d'eau d'irrigation pour l'agriculture dans les PPIs du système Nebhana est influencée d'une part par les apports et les stocks, et le volume d'eau réservé à l'irrigation, et d'autre part par les volumes desservis par le réseau de la SONEDE en période hivernale pour les PPIs de Sousse, Monastir et Mahdia, et les volumes injectés dans le réseau de la SONEDE à partir du barrage de Nebhena en période estivale (pointe de l'AEP).

II.2.1 Evolution des apports, des stocks et des volumes réservés à d'irrigation

Le barrage est qualifié de taille moyenne, et sa capacité (Volume à la retenue normale) assiste sur la longue période à une nette baisse due au phénomène d'envasement.

La capacité du barrage est passée de 87 Mm³ initialement en 1965 à 57 Mm³ en 2021, soit un envasement de 30 Mm³. Cette importante régression des réserves en eaux du barrage peut signifier l'existence d'un potentiel non négligeable, pouvant être mobilisé, à partir d'une meilleure exploitation du lac collinaire du l'Oued lassoued, situé en amont du barrage, et d'autres oueds en amont du barrage.¹³

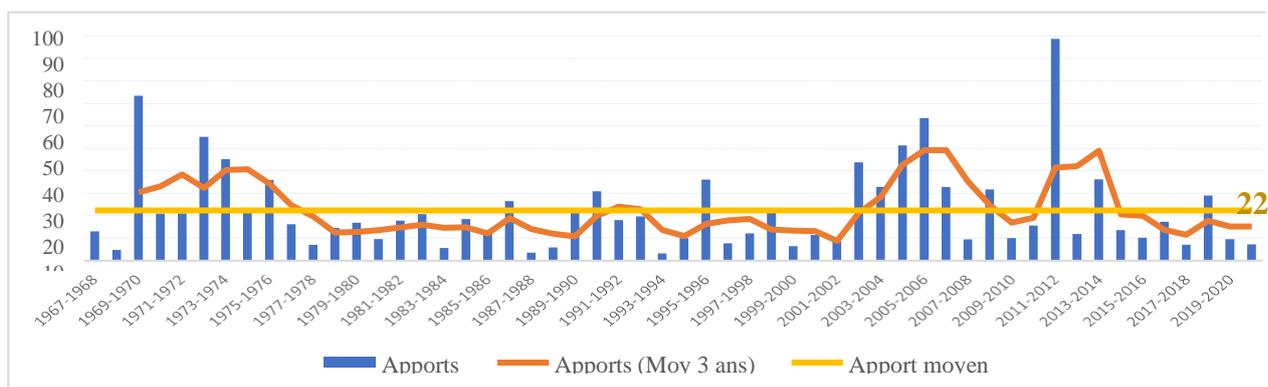
Les apports annuels sont limités, irréguliers et ont tendance à baisser sur la longue période, si l'on considère l'évolution des moyennes mobiles.

L'apport moyen est de l'ordre de 21,9 Mm³ sur la période 1967-2021. Les apports connaissent de fortes fluctuations d'une année à l'autre entre un minimum de 3,2 Mm³ et un maximum de 107 Mm³. L'année la plus pluvieuse sur la période correspond à l'année 2012. Le nombre d'années d'apports supérieurs à la moyenne est relativement faible (4/14). Les années pluvieuses sont accompagnées de lâchures relativement importantes et de stocks résiduels.

Sur la très longue période (1969-2021), et en observant les évolutions des volumes simples et en moyennes mobiles sur trois ans, on peut relever six phases du point de vue apports en eau, comme le montre le graphique ci-dessous.

La période récente 2015-2021, est marquée par la baisse des apports et une situation nettement déficitaire du barrage.

¹³ Cette alternative, à confirmer par des études techniques, consiste à réaliser des travaux CES pour alimenter le barrage de Nebhana.



Source : Données : DG BGTH – Traitement AGER

Figure 4 : Evolution des apports en Mm3 (1967-2020)

Les indicateurs de performance quantifiés sur la base des bilans et des apports (DGBTH) montrent un système de Nebhana peu fiable, peu résilient et vulnérable.

Le stock au niveau du barrage a pris la tendance de la baisse depuis l'année 2012, et ce malgré un remplissage de la retenue jusqu'à la cote PHE (60 Mm³). Le barrage n'a cessé de se vider jusqu'à atteindre un volume de 2 Mm³ en août 2021. Les stocks ont souvent été inférieurs au stock technique de 2,5 Mm³ (12/14), ce qui traduit une faible fiabilité du barrage.

Les déficits peuvent s'installer longtemps et de manière aléatoire, au niveau des apports, des stocks et dans la satisfaction de la demande. Ceci confirme sa règle de gestion prépondérante en mode de pré-crise ou de crise. Face à la demande, le barrage de Nebhana est incapable de continuer à assurer la satisfaction de tels besoins avec une fiabilité, une adéquation aux besoins en eau et une flexibilité, acceptables.

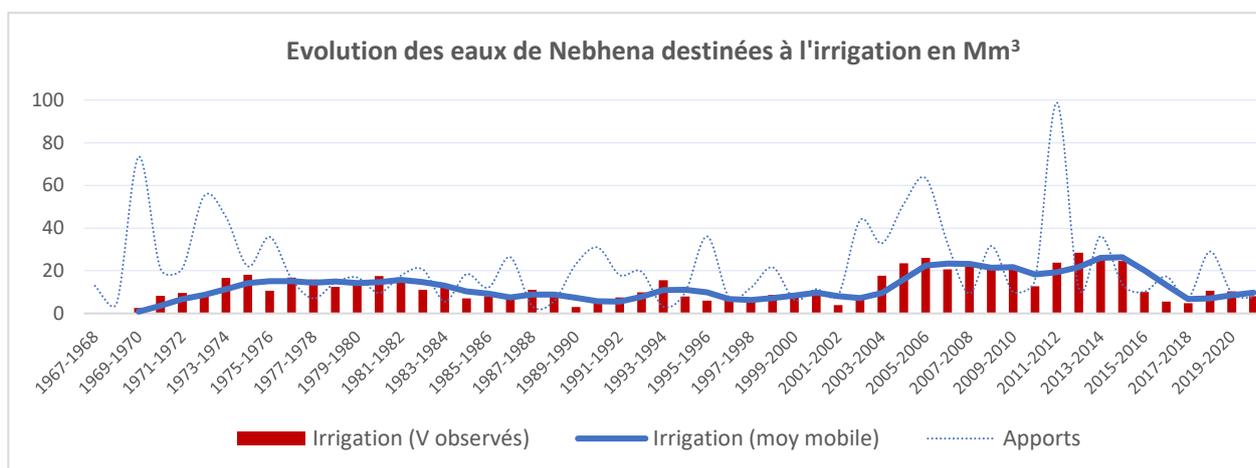
L'offre en eau pour les zones PPIs irrigués à partir de Nebhena est de l'ordre de 2000 m3/ha/an en moyenne sur la période 2008-2021, ce qui présente une contrainte majeure pour une bonne exploitation des parcelles, dans les conditions envisagées par les concepteurs des PPI.

Sur la période 2008 -2021, l'offre est caractérisée par : - Trois (03) années où l'eau d'irrigation est disponible pour tous les PPI avec des volumes suffisants, où le taux des surfaces exploitables ou irrigables a varié de 80 % jusqu'au 307 % par rapport au surface initiale du PPI. - Neuf (09) années où les offres sont insuffisantes dont quatre (04) années avec une distribution moyenne et cinq (05) avec une distribution faible.

Les volumes d'eau destinés à l'irrigation connaissent de fortes variations et ne suivent pas automatiquement les apports.

En effet, les volumes en moyenne mobile sur trois ans, ont varié entre un minimum de 3 Mm³ en 1989 et un maximum de 28 Mm³ en 2013. Depuis 1970, les volumes annuels d'eau affectés à l'irrigation n'ont dépassé 10 Mm³ qu'après 27 années. En cas de baisse des apports, l'on assiste à une certaine pression pour maintenir les quotas des eaux d'irrigation, ce qui se répercute sur les stocks. Par la suite, les volumes mis à la disposition des PPIs finissent par baisser.

Lorsque les années de faibles apports se succèdent, ce qui est fréquent, l'impact sur l'agriculture irriguée est ressenti par les irrigants qui réduisent la superficie irriguée et/ou subissent des baisses de rendements des cultures. Les irrigants dont les exploitations sont équipées pour l'économie d'eau (goutte-à-goutte) supportent mieux les faibles quotas des années sèches. C'est le cas des agriculteurs de Monastir et de Sousse.



Source : Données : DG BGTH – Traitement AGER

Figure 5 : Evolution des eaux de Nebhana destinées à l'irrigation en Mm3 (1967-2021)

L'eau du Barrage Nebhana est de bonne qualité avec une salinité qui varie généralement entre 0.5 et 1.0 g/l, avec une moyenne de 0.8 g/l. Le résidu sec minimum (0.3 g/l) a été enregistré en avril 2006 à une côte proche de la côte de la retenue normale (229.8 m), alors que le maximum (1.4 g/l) a été enregistré en décembre 1980 à une côte de 210 m.

Une nouvelle orientation a été déclenchée depuis 2017 par l'équipement des périmètres irrigués à partir Nebhana initialement par des forages qui captent les nappes d'eau souterraines, comme étant des sources complémentaires et propres aux PPIs.

II.2.2 Evolution des volumes facturés par la SECADENORD et les CRDAs

Les volumes facturés par la SECADENORD aux CRDAs et à la SONEDE se caractérisent par une très grande variabilité et une tendance à la baisse sur la période 2013-2021.

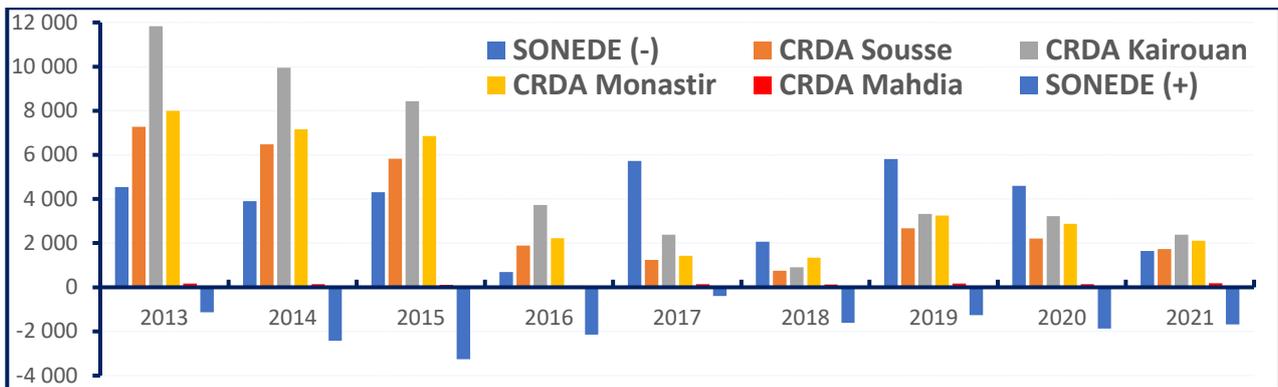
Ces volumes, estimés à 18 Mm³ en moyenne par an, ont atteint un maximum de 31,8 Mm³ en 2013 et un minimum de 10 Mm³ en 2021, avec un certain rebond en 2019 et une nette variabilité annuelle des volumes affectés à l'irrigation.

Tableau 2 : Evolution des volumes annuels distribués par la SECADENORD et des apports du barrage.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Evolution des apports annuels (Mm3)	37,2	14,4	8,8	17,3	7,1	29,0	9,6	7,2	
Evolution de la distribution SECADENORD (Mm3)	31,8	27,6	25,5	8,6	10,9	5,2	15,2	13,0	10,0

Source : AGER à partir des données de la DG BGTH et du SECADENORD

La tendance générale à la baisse de l'offre d'eau est aussi évidente. Les volumes facturés en 2021 pour les quatre CRDA et la SONEDE représentent 25% des volumes comptés en 2013.



Source : Données : DG BGTH – Traitement AGER

Figure 6 : Evolution des volumes facturés par la SECADENORD à partir du barrage en 1000m³ (2013-2021)

Ce graphique met en évidence que : (i) les quantités mises à la disposition des quatre CRDA sont en moyenne inégales passant de plus de 5 000 mille m³ pour Kairouan à 139 mille m³ à Mahdia ; (ii) le CRDA de Kairouan a obtenu 5,1 Mm³ en moyenne par an sur la période ; (iii) les CRDA de Monastir et Sousse ont obtenu des volumes moyens de 3,9 Mm³ et 3,3 Mm³ respectivement.

La satisfaction en prioritaire des besoins en eau potable de la région de Sousse s’est traduite par le transfert d’un volume annuel moyen de l’ordre de 3,7 Mm³ pendant la saison estivale. La SONEDE fournis, par ailleurs, en dehors de la période de pointe, un volume annuel moyen de l’ordre de 1,7 Mm³ qui alimentera le réseau Nebhana. Cet apport de la SONEDE, à partir du canal Medjerda/Cap-Bon, fait baisser le prélèvement moyen annuel net de la SONEDE à 2 Mm³.

L’examen de l’évolution des volumes facturés par les CRDAs Kairouan et Sousse aux 11 GDAs, met en évidence trois périodes avec des caractéristiques rapprochées, de point de vue disponibilité et distribution des ressources en eau d’irrigation.

- Une période de haute distribution : c’est la période qui s’étale sur les années 2013, 2014 et 2015 ou la distribution varie de 13 Mm³ à 17 Mm³.
- Une période de moyenne distribution : c’est la période qui s’étale sur les années 2010, 2011 et 2012, une autre période avec des caractéristiques proche, c’est la période qui s’étale sur les années 2019, 2020 et 2021, ou la distribution varie de 5 Mm³ à 12 Mm³.
- Une période de faible distribution : c’est la période qui s’étale sur les années 2017 et 2018, ou la distribution varie de 2 Mm³ à 5 Mm³.

Tableau 3 : Caractéristiques de la distribution des eaux de Nebhana par période

Période	2010-2011-2012	2013-2014-2015	2016	2017-2018	2019-2020-2021
Durée	3 ans	3 ans	1 an	2 ans	3 ans
Caractéristique de la période	Moyenne distribution	Haute distribution	Moyenne distribution	Faible distribution	Moyenne distribution

Source : AGER

On peut noter aussi l’absence d’une règle ou une méthode claire pour la distribution de l’eau d’irrigation entre les GDAs, en raison de l’incertitude des apports et des stocks au niveau du barrage.

- Le volume moyen des disponible pour un (01) ha durant la période d’examen, est de l’ordre de 2000 m³/ha/an.
- Les volumes moyens disponibles pour tous les PPIs oscillent entre un minimum de l’ordre de 900 m³/ha/an pour le PPI Chott Erroman et un maximum de l’ordre 4500 m³/ha/an pour le PPI AB 3.

- La disponibilité de l'eau d'irrigation pour les CRDAs a connu une évolution décroissante, déclenchée essentiellement à partir de l'année 2016.

Les quotas par hectare équipé pour chaque PPI ont baissé comme le montre le tableau suivant :

Tableau 4 : Quotas pour un hectare équipé pour chaque PPI

Gouvernorat PPI	Kairouan					Sousse		
	AB 1	AB 2	AB 3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Vocation du PPI	Arboricole			Maraîchage		Maraîchère + arboric		Maraîchage
Surface équipée du PPI (ha)	568	360	372	200	70	364	176	952
Quotas en eau du Nebhana en 2021 (m3/ha)	698000	868000	1240000	170000	57000	168000	250000	694000
Taux de perte CRDA/GDA	20%			0%				
Quotas des eaux de Nebhana en 2021 (m3/ha/an)	983	1928	2666	850	814	462	1420	729
Quotas moyenne des eaux de Nebhana ¹⁴ (2008-2021) (m3/ha/an)	2043	4497	4528	2920	2565	1341	2471	1540

Source : AGER 2022

II.2.3 Evolution de la distribution de l'eau d'irrigation pour les PPIs.

Au cours des dernières années, et plus particulièrement à partir de 2016, les agriculteurs du système Nebhana ont vécu des années très difficiles suite à la pénurie d'eau qu'a connue le barrage, surtout pendant les années sèches.

En effet, la moyenne de la distribution de l'eau d'irrigation pour tous les PPIs sur la période étudiée est de l'ordre de 1900 m3/ha/an, avec un maximum de l'ordre de 4500 m3/ha/an, pour le PPI AB3, et un minimum de l'ordre de 800 m3/ha/an, pour le PPI Chat Erroman.

¹⁴ Etude collecte des données et Revue documentaire, AGER, 2022

Tableau 5 : Evolution de la distribution des eaux d'irrigation pour les PPI de Sousse et de Kairouan (en Mm3)

Année	Evolution annuelle de la distribution des eaux d'irrigation pour chaque PPI en Mm3/an/PPI												Evolution globale de la distribution
	PPI alimenté par CRDA Kairouan						PPI alimenté par CRDA Sousse						
	PPI AB1 (C-D)	PPI AB2 (A-B)	PPI AB3 (E-F)	PPI Dar Jamia	PPI Sisseb	PPI Fadhloun	PPI Baloom	PPI Chiab	PPI Chatt Er Roman	PPI Chatt Mariam	PPI Sidi Bouali		
2008	0,307	1,431	0,953	0,190	1,462	1,001	0,529	0,554	0,324	1,996	1,905	10,651	
2009	1,464	1,756	1,794	0,346	1,730	0,986	0,630	0,543	0,290	1,793	2,285	13,616	
2010	0,984	1,403	1,424	0,185	0,527	0,655	0,587	0,482	0,262	1,303	1,844	9,656	
2011	1,069	1,588	1,512	0,205	0,565	0,714	0,303	0,353	0,219	0,794	1,045	8,368	
2012	1,142	1,688	1,609	0,147	0,769	0,772	0,676	0,569	0,244	1,542	2,478	11,636	
2013	2,715	3,332	3,128	0,388	0,059	1,165	0,843	0,711	0,265	1,636	2,537	16,777	
2014	2,160	2,563	2,819	0,318	1,098	0,720	0,855	0,438	0,269	1,497	2,419	15,156	
2015	2,419	1,952	2,228	0,336	0,994	0,566	0,714	0,576	0,211	1,401	2,056	13,453	
2016	1,137	0,721	1,133	0,112	0,321	0,229	0,290	0,080	0,049	0,495	0,593	5,160	
2017	0,582	0,666	0,938	0,048	0,113	0,179	0,247	0,186	0,099	0,484	0,512	4,054	
2018	0,215	0,268	0,308	0,025	0,003	0,062	0,325	0,288	0,040	0,281	0,301	2,117	
2019	0,736	0,986	1,265	0,098	0,190	0,247	0,500	0,293	0,080	0,777	0,961	6,133	
2020	0,615	0,923	1,329	0,059	0,176	0,238	0,390	0,350	0,107	0,539	0,891	5,616	
2021	0,698	0,868	1,240	0,056	0,170	0,193	0,168	0,250	0,090	0,403	0,694	4,831	
Moyen (Mm3/an)	1,16	1,44	1,55	0,18	0,58	0,55	0,5	0,41	0,18	1,07	1,47	127,224	
Moyen (m3/ha/an)	2043	4497	4528	2565	2920	3365	1384	2302	888	1853	1540	1992	

Source : Arrondissements PPI, CRDA Kairouan et CRDA Sousse

III DIAGNOSTIC SYSTEMIQUE DES PPI DU SYSTEME NEBHENA.

III.1 Système d'irrigation

Le diagnostic du système d'irrigation physique a été réalisé autour de quatre critères principaux, à savoir : (i) l'état global des infrastructures du PPI et de l'entretien ; (ii) les niveaux d'efficacité et de performance ; (iii) les principales contraintes et vulnérabilités ; et (iv) les formes d'adaptations observées.

III.1.1 Etat global et fonctionnement des infrastructures hydrauliques

L'état global et le fonctionnement des infrastructures hydrauliques ont été évalués à travers l'examen de l'état des infrastructures et des besoins d'entretien et de réhabilitation, du fonctionnement du système et de l'état du système de comptage.

III-1.1.1. Etat des infrastructures et besoins d'entretien et de réhabilitation ;

Cinq critères principaux ont été retenus pour l'examen de l'état des infrastructures, à savoir : (i) l'âge des installations (Création /Réhabilitation), (ii) l'état des ouvrages hydrauliques, (iii) l'état des équipements, (iv) le programme d'entretiens préventifs, et (v) la fréquence des fuites dans les conduites principales. Les principaux constats relevés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Etat des infrastructures hydrauliques

Gouvernorats	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Age des installations (Création /Réhabilitation)	1973	1973	1973	2001	2001			1971
	NA	2012	2012	NA	NA	2016	2016	NA
Etat des ouvrages hydrauliques	Mauvais	Bon	Bon	Défaillants		Bon		Bon
Etat des équipements	Mauvais	Bon	Bon	Bon à moyen		Bon		
Programme d'entretiens préventifs	Absent					Absent		Programme d'entretien performant
Fréquence des fuites dans les conduites principales	Très fréquent	Pas de problèmes			Pas de problèmes			

Source : AGER 2022

L'analyse par critère permet de relever les constats suivants :

1. L'infrastructure est relativement jeune, puisque 4 PPIs sur 8 sont réhabilités depuis 2012 et 6 sur 8 l'ont été depuis 2001 ; avec des ouvrages et des équipements en bon.
2. L'état des ouvrages hydrauliques est jugé bon pour 5PPIs sur 8, à savoir : AB2, AB3, Balaoum, Chiab, en raison de leur récente réhabilitation et Sidi Bouali grâce aux efforts d'entretien. Ces ouvrages sont défaillants dans les PPIs de Dar Jamîya et Sisseb.
3. L'état des équipements est presque similaire à celui des ouvrages, sauf que pour Dar Jamîya et Sisseb ces équipements sont jugés bons à moyens.
4. Les programmes d'entretiens préventifs par contre, font défaut dans pratiquement tous les PPIs, à l'exception du PPI Sidi Bouali qui a mis en place un programme performant, lui permettant de faire fonctionner ses installations non réhabilitées depuis sa création en 1973.
5. Les fuites dans les conduites principales sont quasi absentes, sauf dans le PPI AB1.

On note également :

- L'absence ou le dysfonctionnement des systèmes de filtration à l'amont des PPIs. Ces systèmes sont absents dans les PPIs AB1, AB3, Dar Jamîya, et Sisseb. La carence observée au niveau de départs des quartiers des deux PPI Chiab et Balaoum) incite les agriculteurs à enlever totalement le système goutte-à-goutte, vu la faible pression et le colmatage.
- L'absence de bassins de stockage d'eau. (Dar Jamîya, Sisseb)

L'évaluation des critères retenus, à partir de l'attribution de notes allant de 1 à 5, avec la même pondération¹⁵ permet de faire les constats suivants :

- ✓ L'état global et de fonctionnalité des infrastructures peut être qualifié de **MOYEN**.
- ✓ Les points forts des infrastructures des PPIs diagnostiqués se trouvent dans le bon état des équipements et les faibles fuites au niveau des conduites principales.
- ✓ Le point faible correspond au manque de programmes d'entretiens préventifs.
- ✓ Six profils de PPI, peuvent être distingués, comme suit :
 - *Infrastructures fonctionnelles et en bon état*, bénéficiant de l'effet de la réhabilitation. On y trouve les PPIs Chiab et Balaoum réhabilités en 2016-2018 ;
 - *Infrastructures fonctionnelles et en état acceptable*, grâce à un effort d'entretien continu. C'est le cas du PPI Sidi Bouali, dont la date de création remonte pourtant à 1970-1971 ;
 - *Infrastructures fonctionnelles, mais dans un état moyen*, principalement sous l'effet de la gestion améliorée du système et des interventions instantanées de maintenance, bien que l'entretien de routine soit presque absent. C'est le cas du PPI Ain Bou Mourra 2 ;
 - *Infrastructures fonctionnelles avec un risque de défaillance*, principalement sous l'effet de la vétusté des ouvrages et du manque d'entretien, le cas des PPI Dar Jamîya et Sisseb 1 ;
 - *Infrastructures fonctionnelles avec un risque majeur de défaillance* principalement sous l'effet de la mauvaise gestion et l'absence de l'entretien routine : PPI Ain Bou Mourra 3
 - *Infrastructures totalement défectives* : Le PPI Ain Bou Mourra 1.

Tableau 7: Notation de l'état des infrastructures

PPI	Kairouan					Sousse			8 PPIs
	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali	
Etat des infrastructures									
Âge / Réhabilitation	1	4	4	3	3	5	5	1	3
Etat des ouvrages hydrauliques	2	4	4	1	1	4	4	4	3
Etat des équipements	2	4	4	3	3	4	4	4	4
Programme d'entretiens préventifs	1	1	1	1	1	1	1	5	2
Fuites dans les conduites principales	1	4	4	4	4	4	4	4	4
Notation de l'état des infrastructures	1	3	3	2	2	4	4	4	3

Source : AGER 2023

¹⁵ 5 = Très bon / Très élevé - 4 = Bon / Elevé - 3 = Moyen - 2 = Plutôt mauvais / Faible - 1 = Mauvais / Très faible

II-1.1.2. Fonctionnement hydraulique des systèmes d'irrigation

L'examen du fonctionnement des infrastructures a été effectué à partir de neuf critères principaux, à savoir : (i) le mode de transport de l'eau vers le PPI, (ii) la présence de sources d'eau souterraines pour le PPI, (iii) la présence d'autres sources d'eau pour les exploitants, (iv) la longueur du Tour de l'eau, (v) la stabilité du Tour d'eau (CRDA/PPI), (vi) le niveau de vandalisme et vol d'eau, (vii) les défauts pression au niveau des bornes pour faire de l'économie de l'eau directement, (viii) le comptage à la borne, et (ix) la qualité de l'eau d'irrigation. Les principaux constats relevés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Fonctionnement hydraulique des systèmes d'irrigation

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Mode actuel de transport de l'eau vers le PPI	Gravitaire					Gravitaire + Pompage		Gravitaire
Présence de sources d'eau souterraines pour le PPI	Non	Oui, mais non raccordé		Non		Oui, forages avec un débit de l'ordre de 3 l/s pour chaque PPI		Non
Autres sources d'eau pour les exploitants	*Forages privés HPPI *Location horaire des forages voisins *Achat de l'eau et transport avec des camionnettes.			Achat de l'eau et irrigation par citerne de tracteur.		*Forages privés		
Tour de l'eau	Tour d'eau varie de 20 à 30 jours, du mois de Février jusqu'en septembre			Tour d'eau 20 jrs, du mois de janvier au mois de novembre		Durant toute l'année		
Stabilité du Tour d'eau (CRDA/PPI)	Instable à cause des fuites au niveau du réseau AB1 ou des conduites CRDA			Stable		Pas de problème de stabilité du tour d'eau		
Vandalisme et vol d'eau	Fréquent	Absence à l'exception d'un cas conflictuel		Fréquent		Rarement		
Défaut de pression au niveau des bornes pour faire de l'économie de l'eau directement	Présent	Limité		Présent et très important		Dans des cas spécifiques		Pas de problème
Comptage à la borne	A l'heure	Compteur		A l'heure		Compteur		
Qualité de l'eau d'irrigation	L'absence des stations principales de filtration n'encourage pas l'investissement à l'économie d'eau					Système de filtration présent, mais, besoin d'entretien et d'un programme de formation.		

Source : AGER

L'analyse par critère permet de constater que :

1. L'alimentation de tous les PPIs se fait en mode gravitaire à partir des piquages sur conduites Nebhana. Les PPI Balaoum et Chiab sont alimentés en plus, par un pompage des eaux souterraines, comme étant une alternative de secours pour l'irrigation d'appoint des oliviers en cas de coupure prolongée des eaux de Nebhana. La plupart des agriculteurs sont conscients des méfaits de l'irrigation gravitaire et de la nécessité de moderniser leurs techniques pour un meilleur pilotage de l'eau d'irrigation. Cette conscience est renforcée par l'augmentation du prix de l'eau et des charges de la main d'œuvre (AB1, AB3).
2. La présence de sources d'eau souterraines pour le PPI est constatée surtout dans les PPIs de Balaoum et Chiab, qui disposent chacun de forages avec un débit de l'ordre de 30 l/s. Les PPIs AB2 et AB3 disposent également de sources d'eau souterraines, mais qui ne sont pas raccordées aux réseaux. Les PPIs de AB1, Dar Jamîya, Sisseb et Sidi Bouali ne disposent pas de sources d'eau souterraines.

3. *La disponibilité d'autres sources d'eau pour certains exploitants* concerne tous les PPIs. Les exploitants de AB font appel à des Forages privés HPPI, à la location horaire des forages voisins, ainsi qu'à l'achat de l'eau et transport avec des camionnettes. Les PPIs de Dar Jamîya et Sisseb procèdent à l'achat de l'eau et l'irrigation par citerne de tracteur. Les PPIs de Sousse disposent de Forages privés. Il est possible que certains exploitants disposent de forages illicites.
4. *Le tour de l'eau* est plutôt long dans les PPIs de AB (20 à 30 jours, du mois de février jusqu'en septembre) et de Dar Jamîya et Sisseb (20 jours, du mois de janvier jusqu'au mois de novembre). Dans le cas des PPIs de Sousse, par contre, le tour d'eau se fait toute l'année. La longueur du tour d'eau et le calendrier d'irrigation adoptés par les gérants du système Nebhana ne favorisent, ni une application efficace des systèmes d'économie d'eau, ni la migration vers des cultures moins consommatrices d'eau, ni l'encouragement des formes d'adaptation (Dar Jamîya, Sisseb).
5. *Le tour d'eau (CRDA/PPI)* est globalement stable sauf dans les PPIs de AB, qui connaissent des fuites au niveau du réseau de AB1 ou des conduites CRDA.
6. *Le vandalisme et vol d'eau* sont rares dans la plupart des PPIs à l'exception de AB1 et AB3, où ils sont fréquents, selon les dires de nos accompagnateurs.
7. *Les défauts de pression au niveau des bornes* sont observés à AB1 et surtout à AB3. Ces défauts sont inexistants dans les PPIs de Sousse et dans une moindre mesure dans ceux de AB2, Dar Jamîya et Sisseb. Les faibles et la variation brusque de pressions et de débit délivré empêchent l'application des techniques d'économie d'eau.
8. *Le comptage à la borne* ne se fait aux compteurs qu'à AB2 et dans les PPIs de Sousse. Le comptage à l'heure est pratiqué dans les PPIs AB1, AB3, Dar Jamîya et Sisseb, en raison de dysfonctionnements des compteurs (CRDA/GDA). Il en résulte une incertitude du comptage, la non stabilité du tour d'eau et une iniquité remarquable envers les volumes facturés par le CRDA Kairouan et de Sousse.
9. *La qualité de l'eau d'irrigation* présente des insuffisances dans les PPIs de Kairouan en raison de l'absence des stations principales de filtration, ce qui n'encourage pas l'investissement à l'économie d'eau. Dans les PPIs de Sousse, le système de filtration est présent, mais il a besoin d'un entretien et d'un programme de formation.

L'évaluation des critères retenus, en attribuant des notes allant de 1 à 5, avec la même pondération¹⁶ permet de faire les constats suivants :

- ✓ Le fonctionnement du système hydraulique peut être qualifié de **MOYEN** dans l'ensemble
- ✓ Les points forts se trouvent dans la stabilité du Tour d'eau et dans la présence d'autres sources d'eau pour les exploitants.
- ✓ Le fonctionnement du système hydraulique des PPIs de Sousse est meilleur que celui de Kairouan.
- ✓ Dans les PPIs de Kairouan, les problèmes de la qualité de l'eau d'irrigation et de l'instabilité et le caractère le assez long du tour d'eau, n'encouragent pas l'investissement dans l'économie de l'eau.
- ✓ Les PPIs Sidi Bouali et de AB1 ne sont pas encore réhabilités depuis leurs premières mises en eau depuis 1973, pourtant, la fonctionnalité des deux systèmes est totalement disparate. Le premier est en état acceptable et fonctionnel, alors que le second est totalement défaillant. Ceci revient principalement à l'effort manifesté par les membres du GDA Sidi Bouali pour l'entretien annuel du système hydraulique depuis des dizaines d'années.

¹⁶ 5 = Très bon / Très élevé - 4 = Bon / Elevé - 3 = Moyen - 2 = Plutôt mauvais / Faible - 1 = Mauvais / Très faible

- ✓ Trois profils de PPIs peuvent être distingués :
 - Les PPIs relativement les plus performants sont ceux de Sousse (Chab, Balaoum, Sidi Bouzid) grâce surtout à la flexibilité et la stabilité du Tour d'eau, ainsi qu'à la présence de compteurs, et aux faibles niveaux de vandalisme, de défaut de pression et de qualité de l'eau
 - Les PPIs à performance relative moyenne : AB2, Dar Jamîya et Sisseb qui partagent le problème de la faible qualité de l'eau.
 - Les PPIs relativement les moins performants : AB1 et AB3. Cela est dû principalement à la longueur et l'instabilité du Tour d'eau et à la faible qualité de l'eau d'irrigation.

Tableau 9: Notation du fonctionnement des systèmes hydrauliques

PPI	Gouvernorat		Kairouan			Sousse			8 PPIs
	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali	
Mode actuel de transport de l'eau vers le PPI	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Présence de sources d'eau souterraines pour le PPI	2	3	3	2	2	4	4	2	3
Autres sources d'eau pour les exploitants	4	4	4	4	4	5	5	5	4
Tour de l'eau	2	2	2	3	3	5	5	5	3
Stabilité du Tour d'eau (CRDA/PPI)	2	2	2	4	4	5	5	5	4
Vandalisme et vol d'eau	2	3	2	4	4	4	4	4	3
Défaut pressions au niveau des bornes pour faire de l'économie de l'eau directement	2	3	1	4	4	4	4	4	3
Comptage à la borne	2	4	2	2	2	4	4	4	3
Qualité de l'eau d'irrigation	2	2	2	2	2	4	4	4	3
Notation du fonctionnement de l'infrastructure	2	3	2	3	3	4	4	4	3

Source : AGER 2023

II-1.1.3. Etat du système de comptage

Le comptage représente un sous-système essentiel à la bonne gouvernance des réseaux hydrauliques. Il joue non seulement le rôle de moyen de suivi et d'exploitation, mais aussi de moyen d'arbitrage et de régulation des relations entre les différents acteurs impliqués dans la gestion et l'exploitation des eaux. Ce sous-système a été évalué à travers trois indicateurs, à savoir : (i) l'état des compteurs, (ii) l'efficacité des compteurs et (iii) la méthode de comptage. Les principaux constats relevés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 10: Evaluation des systèmes de comptage

Gouvernorat	Kairouan				Sousse			
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Etat des compteurs des bornes	Absent	Assez Bon	Bon	Non fonctionnel		Assez Bon		
Efficacité du système de comptage CRDA/GDA	Sources d'incertitude et de conflit avec CRDA			Pas de problème		Compteur CRDA endommagé	Pas de problème	
Méthode de comptage	Faible	Bon	Faible	Moyen		Bon		

Source : AGER 2022

L'analyse par critère permet de constater que :

1. *L'état des compteurs est globalement moyen.* Au niveau des PPIs AB 2 et AB 3, Sisseb 1 et Dar Jamîya, les compteurs sont montés directement sur les vannes, sans respect des normes de montage. Le compteur CRDA est endommagé à Balaoum.
2. *L'efficacité des compteurs est problématique pour les PPIs AB :* L'un des facteurs majeurs de la défaillance des systèmes des PPIs de Balaoum, AB 1, AB 2 et AB 3 est l'absence ou le dysfonctionnement du système de comptage principal. Cela force le CRDA à adopter des moyens plus ou moins fiables pour l'estimation des quantités d'eau la couverture des quantités achetées au SECADENORD.
3. *La méthode de comptage* au niveau des bornes des exploitantes adoptées pour les PPIs AB1, AB 3 et le GDA Dar Jamîya, ne favorise pas la sauvegarde du système hydraulique.

L'évaluation des critères retenus, à partir de l'attribution de notes allant de 1 à 5, avec la même pondération¹⁷ permet de faire les constats suivants :

- ✓ L'état du système de comptage est jugé globalement Moyen.
- ✓ Le système de comptage dans les PPIs de Sousse est dans l'ensemble dans un meilleur état que ceux de Kairouan.
- ✓ Dans le gouvernorat de Kairouan, le système de comptage dans le PPIs est quasiment défaillant.

Tableau 11: Notation du système de comptage

PPI	Gouvernorat					Kairouan			Sousse			8 PPIs
	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali				
Etat des compteurs des bornes	1	4	5	1	1	4	4	4	3			
Efficacité du système de comptage CRDA/GDA	2	2	2	4	4	3	4	4	3			
Méthode de comptage	1	4	1	3	3	4	4	4	3			
Notation du fonctionnement de l'infrastructure	1	3	3	3	3	4	4	4	3			

Source : AGER 2023

III.1.2 Performances des infrastructures hydrauliques

Les performances des systèmes d'irrigation ont été appréciées à travers l'estimation de l'efficacité et l'observation des taux d'exploitation et d'équipement en matériel d'économie d'eau.

II-1.2.1. Efficience des infrastructures hydrauliques

Notons d'abord que le calcul précis de l'efficacité technique des systèmes hydrauliques est difficile à effectuer compte tenu :

- De l'absence des compteurs essentiellement à AB1, Sisseb, Dar Jamîya et Fadhloun ;
- De la facturation basée à l'heure, dans un nombre important de PPI ;
- De la règle entre les GDA et les CRDA qui consiste à payer la facture de la SECADENORD, sauf dans le cas des PPIs de AB et Fadhloun, où il a été convenu d'admettre une efficacité annuelle de l'ordre de 25% ;

¹⁷ 5 = Très bon / Très élevé - 4 = Bon / Elevé - 3 = Moyen - 2 = Plutôt mauvais / Faible - 1 = Mauvais / Très faible

L'estimation, présentée ci-dessous, consiste à calculer les écarts entre les volumes d'eau facturés par les CRDA aux PPIs (en m3/an) et ceux facturés par les GDA aux exploitants, et à rapporter ces écarts aux volumes d'eau facturés par les CRDA. Elle ne couvre que partiellement les PPIs de Balaoum et Chiab pour lesquels les données collectées, sont incomplètes¹⁸.

Les résultats de l'estimation, consignés dans le tableau ci-dessous, permettent de constater que :

- ✓ Dans les PPI Dar Jamîya, Sisseb, les volumes consommés par les exploitants sont basés sur des estimations, dans l'objectif de collecter 100% de la facture du CRDA.
- ✓ Pour les PPI Sisseb, Dar Jamîya, Balaoum, Chiab et Sidi Bouali, selon le personnel du GDA contacté, tous les volumes facturés par la CRDA sont facturés aux exploitants pour soulager le GDA contre les dettes.
- ✓ Pour les PPI AB1, AB2 et AB3, une perte de 25% des volumes facturés par la CRDA sont considérés comme des fuites d'infrastructures hydrauliques. Les 75% des volumes facturés par la CRDA sont répartis comme suit :
 - Une première quantité est facturée correctement aux exploitants, si le système de comptage à la borne est fonctionnel.
 - Une deuxième quantité d'eau est facturée par estimation, dans le cas où le système de comptage est endommagé.
 - Une troisième quantité, que le GDA n'arrive pas à facturer, reste sous forme de dettes cumulées, ce qui explique les forts taux d'endettement des GDA Ain Boumorra.

Tableau 12 : Résultat de l'estimation de l'efficience des réseaux hydrauliques de chaque PPI

Nom PPI	ABM 1 (C-D)	ABM 2 (A-B)	ABM3 (E-F)	Sisseb	Dar Jamîya	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Evolution des volumes d'eau facturés CRDA/ PPIs en m3/an								
2019	736000	986000	1265000	98000	190000	500000	293337	960978
2020	615000	923000	1329000	59000	176000	389628	350000	890693
2021	698000	868000	1240000	56000	170000	168387	250233	693968
Evolution des volumes facturés GDA/ Agriculteurs en m3/an								
2019	552000	739500	948750	80847	158811			925366
2020	461250	692250	996750	57667	169361	360414	330455	890693
2021	523500	651000	930000	57667	169361			672499
Différence entre les volumes facturés par CRDA/GDA et volumes facturés GDA/exploitants en m3 (2019-2021)								
2019	184000	246500	316250	17153	31189			35612
2020	153750	230750	332250	1333	6639	29214	19545	0
2021	174500	217000	310000	-1667	639			21469
Estimation de perte des réseaux hydrauliques de chaque PPI								
2019	25%	25%	25%	18%	16%	0%	0%	4%
2020	25%	25%	25%	2%	4%	7%	6%	0%
2021	25%	25%	25%	-3%	0%	0%	0%	3%
Estimation de pertes des réseaux hydrauliques de chaque PPI								
Taux de perte estimés selon les données des CRDA	20%					0%		
Estimation de l'efficience des réseaux hydrauliques de chaque PPI								
Taux d'efficience estimés selon les données des CRDA	80%					0%		

Source : AGER 2022

¹⁸ Elle est effectuée en se référant aux données collectées lors de la phase revue bibliographique, aux compléments d'information collectés lors des déplacements de terrain et aux éclaircissements apportés par les responsables des PPIs diagnostiqués.

Compte tenu de ce qui précède, on peut dire que ces calculs traduisent en quelque sorte, l'efficacité selon les données de facturation disponible au niveau des deux CRDAs.

En l'absence de données précises permettant la mesure de l'efficacité par PPI, l'efficacité globale de l'irrigation dans les PPI diagnostiqués a été estimée à 60%. Cette estimation tient compte des points suivants :

- Les techniques adoptées pour l'irrigation, à savoir : les mini bassins pour l'arboriculture, gaines colmatée, perforée manuellement,
- La période de retour de l'eau d'irrigation qui est généralement longue,
- L'irrigation dans les périodes de pointe de température (au-delà de 35 °c)
- Des observations de terrain du degré de présence des fuites dans les canalisations hydrauliques durant les visites de diagnostic auprès des exploitations dans les PPI pilotes,
- La faible connaissance sur des besoins des plantations, comme vérifié avec les exploitants contactés lors de la phase diagnostic spécifique et lors des ateliers régionaux,
- La présence de colmatage des gaines d'irrigation et le non uniformité de la distribution de l'eau d'irrigation à cause des défauts de conception des systèmes hydrauliques à la parcelle dans la majorité des exploitations diagnostiquées dans les PPI pilotes¹⁹. Le colmatage a été vérifié visuellement. La faible pression au niveau de la fin des rampes et l'uniformité ont été vérifiées par des mesures, dans l'objectif de confirmer les observations visuelles.
- La défaillance du système hydraulique d'AB1.

II-1.2.2. Taux d'exploitation

Idéalement, on calcule le taux d'exploitation par le rapport entre la quantité d'eau réellement utilisée pour l'irrigation par la quantité d'eau totale disponible pour l'irrigation. Or il est difficile d'obtenir la quantité réellement utilisée. Cela nous a conduit à calculer le rapport entre les surfaces irriguées et les surfaces équipées.

Le taux d'exploitation des PPIs à l'aval du Barrage Nebhana, mesuré par le rapport entre surfaces irriguées / surfaces équipées, varie de 12% à 97%. Il est relativement élevé dans les PPIs de AB, où il varie de 60 % jusqu'au 97%, en raison de la présence des cultures arboricoles. Pour les autres PPIs, il varie de 12 % jusqu'au 65%, impacté essentiellement par le contexte de changement climatique et l'insuffisance des ressources en eau.

Tableau 13 : Taux d'exploitation des PPI en 2022

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Surface irriguée du PPI (ha)	340	350	300	25	15	110	115	150
Surface équipée du PPI (ha)	568	360	372	200	70	364	176	952
Taux d'exploitation	59%	97%	80%	12%	21%	30%	65%	15%

Source : AGER, 2023

II-1.2.3. Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau

Le tableau suivant présente l'estimation des taux d'équipement en matériels d'économie d'eau selon les déclarations des directeurs techniques contactés lors de leurs déplacements de terrain.

Tableau 14: Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Taux d'équipement en EE	-	50%	30%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : AGER, 2023

Il importe de noter la non généralisation de l'équipement par des techniques d'économie d'eau :

Bien que la majorité des exploitations des PPIs soit équipée par techniques d'économie d'eau, il reste encore une partie des exploitations, essentiellement dans les PPIs Ain Boumorra et Fadhloun, non équipée par ce type d'équipements. Dans ces exploitations, les agriculteurs utilisent la technique de transport gravitaire de l'eau vers leurs plantations à partir des canaux en terre pour apporter des doses suffisantes, mais en subissant des pertes importantes.

III.1.3 Vulnérabilités et contraintes des systèmes hydrauliques

Le fonctionnement du système d'irrigation et sa durabilité peuvent être affectés par trois facteurs principaux liés aux changements climatiques, à savoir : l'irrégularité, l'insuffisance et la détérioration de la qualité de l'eau. Ils peuvent également être altérés par une série de contraintes endogènes liées à l'état des infrastructures et au comportement des irrigants.

III-1.4.1. Questions de régularité, disponibilité et qualité de l'eau d'irrigation.

Comme mentionné dans la section II.2, l'offre d'eau d'irrigation à partir du barrage de Nebhana se caractérise par une tendance à la baisse et surtout une plus forte variabilité interannuelle, et une tendance au tarissement de la nappe.

L'insuffisance de la disponibilité de l'eau d'irrigation :

La diminution des ressources en eau du barrage de Nebhana a conduit à la réduction des quotas alloués, essentiellement depuis 2016, pour satisfaire les besoins des PPI et assurer une exploitation dans des conditions conformes aux orientations des APD (AB1, AB2, AB3, Dar Jamîya, Sisseb, Chiab Balaoum). Les quotas alloués pour un hectare aménagé, avec vocations similaires, varient d'un PPI à un autre. Cette contrainte constitue un obstacle à l'intensification des cultures dans les PPI (Sidi Bouali, ...).

Le système d'irrigation des PPIs dispose d'autres sources légales d'eau, notamment les forages autorisés, mais certains de ces forages ne sont pas raccordés (AB2) ou connaissent rabattement significatif d'une année à l'autre, provoqué entre autres par une sous-exploitation par les forages illicites.

L'insuffisance des ressources en eau peuvent conduire au recul des activités voire même l'abandon de certaines d'entre elles, surtout en présence d'alternatives plus rémunératrices. Ce phénomène peut

affecter pérennité des PPIs comme ce fût le cas PPIs de Chott Mariem, Chott Erromen envahis par l'urbanisation, le PPIs de AB1.

L'irrégularité de l'eau d'irrigation

Les variations annuelles des précipitations et leur impact sur la situation du barrage ont nécessité l'adoption du système de quota par le MARH. Ces quotas sont irréguliers et variables d'une année à l'autre, et l'information y afférente est donnée aux GDA et aux exploitants de manière tardive.²⁰

Cette situation engendre plusieurs dysfonctionnements, dont notamment la difficulté de planification, l'irrigation insuffisante, et parfois même l'irrigation excessive ou incohérente, ce qui contribue au gaspillage de l'eau, à l'affectation de la croissance des plantes et à la détérioration du sol.

La détérioration de la qualité de l'eau

Certes la qualité de l'eau du barrage Nebhena est bonne, puisque sa salinité est en général inférieure 0,9 g/l. Cependant, les exploitants contactés signalent la présence d'un certain niveau de turbidité, résultant en partie du comportement des agriculteurs en période de sécheresse utilisant des pratiques d'irrigation moins efficaces, telles que l'irrigation par aspersion, qui peut entraîner une augmentation de la turbidité de l'eau.

La turbidité de l'eau à son tour a fortement impacté l'utilisation des équipements d'économie d'eau et a limité le choix des cultures pratiquées. L'eau non filtrée ne favorise pas, ni une application efficace des systèmes d'économie d'eau, ni la migration vers des cultures moins consommatrice d'eau, ni l'encouragement des formes d'adaptation.

Par ailleurs, dans le cas des PPIs diagnostiqués, une salinisation croissante des nappes d'eau souterraines a été observée, surtout à Sidi Bouali. Ce phénomène est attribuable notamment à :

- **L'effet de l'élévation des températures sur l'évaporation**, qui peut concentrer les sels dissous dans les eaux de surface et les eaux souterraines,
- **L'effet de la diminution des précipitations sur le taux de recharge des nappes d'eau souterraines**, ce qui peut entraîner une augmentation de la salinité des nappes, car les sels dissous sont moins dilués par l'eau de pluie, et
- La surexploitation des nappes qui peut également contribuer à la salinisation en entraînant une intrusion d'eau salée dans les zones côtières où les nappes d'eau douce et l'eau de mer se mélangent.

III-1.4.2. Contraintes endogènes et exogènes :

L'altération du fonctionnement du système d'irrigation et sa durabilité peut être également affectée par une série de contraintes liées à l'état global des infrastructures et les performances des infrastructures, identifiées précédemment et dont les principales sont récapitulées dans le tableau suivant :

²⁰ Les quotas sont définis au démarrage de la campagne agricole et les agriculteurs sont informés à l'avance. Des changements peuvent être introduits mais n'affectent pas les superficies autorisées

Tableau 15: Contraintes majeures, affectant le bon fonctionnement des PPI.

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamiya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Etat global des infrastructures								
Etat des infrastructures								
Vétusté du réseau	*			*	*			
Réseau vétuste et pannes fréquentes	*							
Entretien – Maintenance								
Manque d'entretien	*	*	*					
Entretien routine faible	*	*	*			*		
Fonctionnement hydraulique du système d'irrigation								
Mode de transport de l'eau vers le PPI (Gravitaire)								
Sources d'eau souterraines pour le PPI	*		*	*	*			
Autres sources d'eau	*		*					
Tour d'eau assez long	*	*	*					
Stabilité du tour d'eau								
Vandalisme								
Défaut de pression								
Comptage à la borne								
Défaut de qualité de l'eau	*	*	*					
Etat du système de comptage								
Etat des compteurs des bornes	*			*	*			
Efficacité des systèmes de comptage	*							
Défaut de méthode de comptage	*		*					

Source : AGER 2023

D'autres contraintes peuvent être également interférer et affecter la pérennité du système d'irrigation :

- ✓ *L'augmentation du cout de l'énergie* : le cout de l'énergie et son augmentation constituent les principaux facteurs qui découragent l'installation de bassins de stockage. Les exploitations équipées par des bassins de stockages d'eau, utilisent des motopompes qui sont alimentés par la STEG ou par le Gasoil pour redistribuer les eaux d'irrigation.
- ✓ *L'augmentation des coûts d'approvisionnement en eau d'irrigation* : De nombreux agriculteurs qui exploitent encore leurs terres, se trouvent soumis aux opportunistes et aux commerçants illégaux d'eau, en achetant un mètre cube d'eau à un coût supérieur à 1 dinar, en plus des dépenses des canaux de transport à des kilomètres, dont le coût dépasse 15 000 dinars. (AB1, AB3).
- ✓ *Des pertes d'eau par évaporation* : Elles sont dues à l'inadéquation des horaires d'irrigation. Bien qu'il soit conseillé d'éviter l'irrigation durant les heures où la température est au-delà de 35 °C, le GDA et les exploitants appliquent l'irrigation pendant la tranche horaire de 10 h du matin jusqu'au 16 h, ce qui engendre une importante perte d'eau par l'évaporation. (AB1, AB3, Dar Jamîya, Sisseb). Pour plus de 80%, des parcelles visitées à Dar Jamîya et Sisseb, l'irrigation des arboricultures (oliviers et grenadiers) est effectuée par les déchets des gaines jetables ou par submersion améliorée, ce qui engendre des pertes en eau très importantes, bien que le sol soit argileux limoneux.

- ✓ *Le faible recours au stockage en raison de l'importance relative des charges énergétiques liées aux pompes* : Le recours au stockage de l'eau d'irrigation au niveau de la parcelle est faible (moins de 5%) dans les PPIs de Kairouan, malgré l'existence de subventions accordées dans le cadre d'un programme d'encouragement des agriculteurs et l'existence de possibilités d'installer de nouveaux types de bassins qui ne coûtent pas cher. Il est par contre de l'ordre de 40%, dans les PPIs de Sousse, soit un niveau relativement important.
- ✓ *Manque de drainage* : Cela n'a été constaté qu'à AB2, et dans une zone très limitée. La présence de problème est justifiée par la défaillance de système de drainage déjà installé depuis 1971. Pour les autres PPIs aucune réclamation en relation avec l'hydro morphisme du sol, n'a été constatée.

Tableau 16 : Contraintes majeures qui affectent le bon fonctionnement des PPI

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Autres contraintes et vulnérabilités								
Exploitants soumis aux opportunistes de l'eau	X	X	X	*				
Augmentation du cout de l'eau	*	*	*			*		*
Augmentation du cout de l'énergie	X	X	X	X	X	X	X	X
Faible recours au stockage	*	*	*	*				
Pertes d'eau par évaporation								
Manque de drainage								

Source : AGER 2023

III.1.4 Formes d'adaptation observées

Le diagnostic général, portant sur 8 PPIs a permis de repérer plus d'une vingtaine de formes d'adaptation au niveau du système d'irrigation, en relation avec l'eau d'irrigation et aux changements climatiques. Ces formes sont regroupées dans ce qui suit, en deux principales catégories de mesures : les mesures prises par les GDA et les mesures prises par les exploitants.

III-1.5.1. Mesures prises par les GDA

Les principales mesures prises au niveau des GDA, contribuant à atténuer les contraintes et les risques associés aux vulnérabilités, peuvent être résumées comme suit :

- ✓ *Utilisation des eaux du barrage Nebhana en priorité pour les cultures maraîchères*. Ainsi, de grandes quantités d'eaux sont consommées par les cultures d'été (Dar Jamîya, Sisseb).
- ✓ *Limitations par le GDA de la surface maximale irrigable* : Depuis 2019, le GDA Dar Jamîya, Sisseb a limité les surfaces irrigables des cultures maraichères à un (01) hectare. Cela a permis aux exploitants de développer leurs sensibilités en matière d'économie d'eau et leurs compétences avec d'autres spéculations rentables et moins consommatrices d'eau, tel que le pois chiche, et les oliviers.
- ✓ *Mise en place d'un système de contrôle de la consommation en eau d'irrigation performant*, passant par des programmes de maintenance à proximité des compteurs et des vannes (Sidi Bouali, AB2, Dar Jamîya, Sisseb, Chiab Balaoum).
- ✓ *Mise en place d'un système très efficace pour la sauvegarde des équipements hydrauliques et le respect du GDA*. (Sidi Bouali).

- ✓ *Flexibilité dans les horaires d'irrigation* : Lorsque la situation le permet, la distribution de l'eau d'irrigation 24/24 et 7/7, permet aux agriculteurs d'éviter au maximum l'irrigation dans le cas où la température est très élevée. Cela a été observé à AB2, Chiab, Balaoum et Sidi Bouali.
- ✓ *Etablissement par les GDA de règles de distributions avec un tour d'eau respecté* : Cela a été réalisé à Sidi Bouali, bien que les compteurs soient installés uniquement au niveau des départs des quartiers et des unités d'irrigation ; (Sidi Bouali)

III-1.5.2. Mesures prises par les exploitants

Les principales mesures prises par les exploitants, contribuant à atténuer les contraintes et les risques associés aux vulnérabilités peuvent être résumées comme suit :

- ✓ *Recours à d'autres sources d'irrigation, parfois très coûteuses*. C'est le cas de creusement de forages d'eau en dehors du PPI, à des distances de 3 à 12 km et transportent de l'eau gravitairement pour l'irrigation des champs, et de l'exploitation des puits de surface avec un volume journalier pompé, ne dépassant pas 5 à 6 m³/jour. (AB1, AB3). C'est aussi le cas de la création de trois (03) forages d'eaux pour un complément d'irrigation ; (Chiab Balaoum),
- ✓ *Recours à la création des forages dans les exploitations*. Ce phénomène est observé à Sidi Bouali, où 70% des exploitants ont des points d'eau souterraine privés dans leurs parcelles, et malgré le fait que la salinité dépasse 4 g/l, (Sidi Bouali).
- ✓ *Stockage de l'eau dans des bassins par les exploitants* : L'objectif de cette pratique est de fractionner les doses d'irrigation et éviter l'irrigation dans les conditions climatiques non convenables ; (Chiab Balaoum, et Sidi Bouali).
- ✓ *Equipement des exploitations par des systèmes économes en eau*. L'irrigation se fait par le système goutte-à-goutte à 100%, dans les PPIs Jamîya et Sisseb, bien que ces PPI ne soient pas équipé par un système de filtration et que la durée de vie des gaines d'irrigation ne dépasse pas une saison (lorsque l'eau est de bonne qualité les duré de vie des gaines peut dépasser 3 compagnes). L'irrigation à la parcelle se fait également à 100% par le goutte-à-goutte dans les PPIs Balaoum, Chiab, et Sidi Bouali. En cas de faible pression et/ou de turbidité de l'eau les exploitants procèdent à l'irrigation directe vers les arbres (50% à AB2 et rarement dans les PPIs de Sousse).
- ✓ *Mise en place par les agriculteurs des systèmes de filtration à la tête des parcelles et d'irrigation goutte-à-goutte*, bien que le système de filtration en amont présente des problèmes. (Chiab Balaoum, Sidi Bouali).
- ✓ *Transition vers d'autres formes d'irrigation* (tel que l'irrigation localisé au lieu de l'irrigation à la raie): Cette forme est remarquée par rapport à nos connaissances anciennes, sur les PPIs de AB et il a été validé par les responsables des GDA contactés.
- ✓ *Transition vers l'irrigation par mini-bassins* (mini-cuvette sous les arbres) alimentée par des conduites en polyéthylènes au lieu de l'irrigation à la raie.
- ✓ *Equipement des parcelles par des mini bassins de stockage* : Le nombre de parcelles concernées est de 120 à Sidi Bouali, 22 à Balaoum ; 15 à AB2, 15 à Chiab, 3 à Dar Jamîya et 1 à Sisseb.
- ✓ *Equipement des parcelles par des bassins à grand volume* pour faire le mélange des eaux douces (Nebhana) et salé (eau souterraines) ; (Sidi Bouali).

- ✓ Des investissements hydrauliques réalisés par les agriculteurs pour améliorer la rentabilité de leurs activités ; encouragés par la présence d'autres alternatives pour l'approvisionnement en eau d'irrigation. (AB2).

Tableau 17: Formes d'adaptation des GDA et des exploitants, en relation avec l'eau d'irrigation

Gouvernorat	Kairouan					Sousse		
PPI	AB1	AB2	AB3	Dar	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Mesures prises par les GDA								
Utilisation des eaux du barrage Nebhana en priorité pour les cultures maraîchères				X	X			
Limitations par le GDA de la surface maximale irrigable				X	X			
Mise en place d'un système performant : Gestion et contrôle de la consommation en eau d'irrigation		X		X	X	X	X	X
Mise en place d'un système très efficace : Sauvegarde des équipements hydrauliques et le respect du GDA		En cours						X
Stockage de l'eau dans des bassins								
Flexibilité dans les horaires d'irrigation :						24/24h		
Règles de distribution avec un tour d'eau respecté								
Mesures prises par les exploitants								
Recours à d'autres sources d'irrigation	X		X			X	X	
Recours à la création des forages dans les exploitations								X
Stockage de l'eau dans des bassins par les exploitants						X	X	X
Équipement des exploitations par des systèmes économes en eau		50%				Rarement		
Irrigation directe avec des conduites vers les arbres en %								
Mise en place par les agriculteurs des systèmes de filtration à la tête des parcelles et d'irrigation goutte-à-goutte						X	X	XX
Transition vers l'irrigation localisée au lieu de l'irrigation à la raie	X	X	X					
Transition vers l'irrigation par mini-bassins de conduite		50%						
Équipement des parcelles par des mini-bassins de stockage d'eau (Nbre)		15		3	1	22	15	120
Équipement des parcelles par des bassins à grand volume								X
Des investissements hydrauliques		X						

III-1.5.4. Adéquation Contraintes / Effort d'adaptation

Pour la classification des systèmes hydrauliques en termes d'adéquation Contraintes / Effort d'adaptation, nous avons considéré les principaux indicateurs des contraintes et des adaptations, puis attribué des notes pour chaque PPI en corrélation avec l'indicateur indiqué. Les notes affectées pour chaque PPI varient de 0 à 1 en se basant sur les résultats de l'analyse du diagnostic des infrastructures hydraulique ;

Le résultat de cette mise en correspondance est illustré par le graphique ci-dessous qui classe les PPI de gauche à droite par degré d'adéquation décroissant.

De ce point de vue, l'adéquation des adaptations aux contraintes est relativement élevée dans le PPI Sidi Bouali, et est relativement faible à AB1.

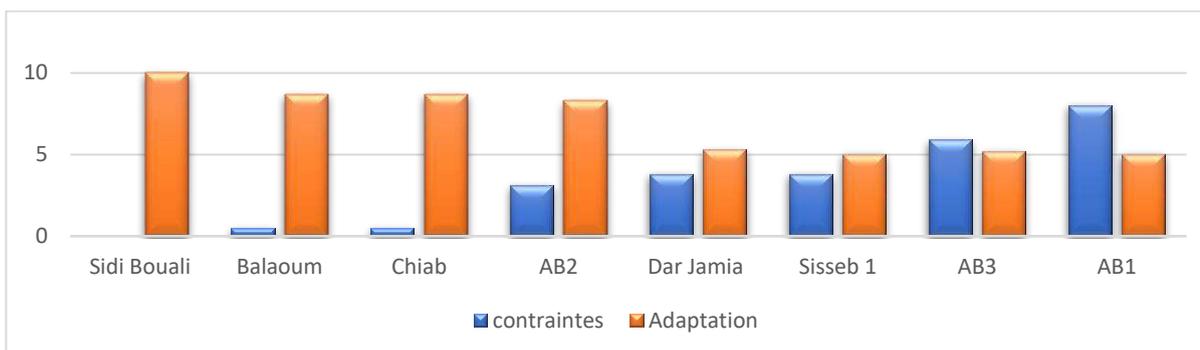


Figure 5 : Adéquation contraintes/effort d'adaptation

L'écart Contraintes - Adaptation montre la différence des efforts d'adaptation aux contraintes au sein de chaque PPI et le graphique ci-dessous montre que les GDA/PPI qui se sont investis le plus ont une meilleure capacité d'adaptation.

L'existence d'autres alternatives de ressources, pour les PPIs : Sidi Bouali, AB 2, Chiab et Balaoum, a permis d'améliorer les formes d'adaptation et de soulager les eaux du barrage Nebhana.

III.1.5 Analyse SWOT – Système d'irrigation

Les principales forces, faiblesses, menaces et opportunités, liées au système d'irrigation sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 18: Analyse SWOT – Système d'irrigation

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> + Disponibilité de sources d'irrigation autre que le barrage Nebhena (Sidi Bouali, AB2, Chiab et Balaoum) ; + Disponibilité de carnets de bords, et qualité de leur renseignement ; + Gestion de la ressource eau de surface est en principe moins problématique que la gestion des forages ; + Présence de quelques GDA dynamiques ; + Présence de quelques pratiques d'adaptation acceptables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais état des ouvrages et des réseaux et pannes fréquentes dans plusieurs PPIs ; - Insuffisance des pratiques de la maintenance et de l'entretien de routine, et non disponibilité des documents techniques au niveau des stations et réseaux hydrauliques ; - Tour d'eau assez long et faible pression de service ; - Méthode de comptage parfois inadaptée ; - Manque de drainage et de lessivage.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> + Création de bassins avec pompage en énergie solaire ; + Reconversion des exploitations vers des cultures moins consommatrices d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Non fiabilité de la principale source d'eau « le barrage de Nebhena » ; - Tendance à la détérioration de la qualité de l'eau ; - Recul des superficies exploitées ; - Soumission des irrigants aux opportunistes.

III.2 Système de culture

L'analyse des systèmes de culture présentée dans cette section, repose sur l'examen : (i) de la mise en valeur, principalement l'occupation des sols et le mode de faire-valoir, (ii) des pratiques culturales et d'irrigation, (iii) des besoins en eau et en énergie, et (iv) des résultats obtenus en termes notamment de rendement, de marge brute et de revenus des agriculteurs.

En vue d'orienter davantage l'analyse vers l'adaptation aux changements climatiques, un focus est mis sur les besoins en eau et en énergie, et sur les contraintes, les vulnérabilités et les formes d'adaptations observées.

L'analyse part des résultats de l'enquête, mais elle utilise aussi des constats tirés de la revue documentaire et des entretiens effectués.

III.2.1 Mise en valeur agricole

Les éléments de la mise en valeur abordés dans ce qui suit portent sur : l'occupation des sols, la production animale, et le mode de faire-valoir

III-2.1.1. Occupation des sols

Le système de culture des PPIs de Nebhena reposait initialement sur l'arboriculture fruitière à Kairouan et sur les cultures maraichères. Au fil des temps, il a connu une mutation en assistant à l'intégration de l'olivier et des systèmes mixtes combinant l'arboriculture, l'olivier et les cultures maraichères, dans presque tous les PPIs.

Dans les six PPIs de Kairouan, l'arboriculture est la culture prédominante. On la trouve surtout dans les PPIs de AB1, AB2, et Dar Jamîya. Les espèces dominantes étaient l'olivier à huile, l'abricotier et l'agrume. Sur la longue période, l'arboriculture fruitière, en particulier l'abricotier et les agrumes, tend à être remplacée par l'olivier, en raison de la sécheresse et le morcellement des terres.

Les cultures maraichères occupent une moindre part de la superficie irriguée, et sont constituées principalement des cultures de petit pois et du piment, et sont concentrées dans les PPIs de AB3, Dar Jamîya et Sisseb.

Les grandes cultures occupent une faible part de la superficie irriguée, et sont situées principalement dans les PPIs Sisseb 1 et Dar Jamîya.

Les graphiques ci-dessous, conçues à partir des données de 2015, illustrent globalement l'occupation des sols dans les PPIs de Kairouan.

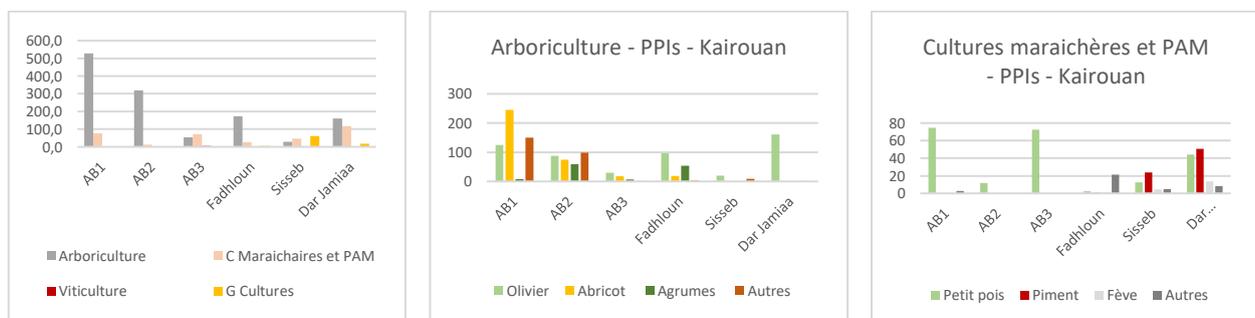


Figure 7 : Occupation des sols – PPI Kairouan (Carte thématique 2015)

Dans les PPIs de Sousse, les cultures maraîchères telles que les primeurs et les cultures d'arrière-saison, sont prédominantes conformément à la conception initiale. Elles sont parfois développées en association avec l'olivier. Les cultures sous serres sont très variées et portent en particulier sur la tomate et le poivron. Les cultures de pleins champs sont composées principalement de pommes de terre et de légumes d'hiver, qui nécessitent moins d'eau pour l'irrigation.

Il y a lieu de noter les tentatives de changement de vocations de certains PPI, sous l'effet de l'urbanisation et l'attractivité de certaines activités comme la promotion immobilière, les zones industrielles et le tourisme. C'est le cas en particulier des PPIs de Chott Mariem et de Chott Erromen.

Actuellement, selon les résultats de l'enquête exploitants, la structure de l'occupation des sols, au niveau de l'ensemble de ces PPI, est dominée par l'arboriculture qui occupe 60% des superficies. Quant aux cultures maraichères, elles occupent 34% des superficies alors que les céréales ne représentent que 1%.

Comparativement à la situation de l'occupation des sols pour la campagne 2014-2015, on peut noter l'émergence de cultures en développement et le recul de certaines activités, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 19: Principales tendances de l'occupation des sols

	PPIs de Kairouan	PPI de Sousse
Arboriculture		
En progression	Olivier intensif	Olivier ; Conservation des variétés locales
En régression	Abricotier ; Agrumes	-
Cultures maraichères		
En progression	Cultures sous serres	Cultures sous serres
En régression	Petits pois, pastèques, melon	Melon, haricot, pomme de terre
Autres cultures		
En progression	Pois-chiche	
En régression	Cultures fourragères et des céréales à Sisseb (avant 45%)	Cultures fourragères

Source : AGER 2023

La régression des abricots et des agrumes dans les PPIs de Kairouan, observables à travers les arrachages Kairouan, s'explique surtout par l'insuffisance de l'eau d'irrigation pour ces cultures forts consommatrices d'eau. Paradoxalement l'amandier est plus résilient, mais relativement peu présent dans la zone.

III-2.1.2. Production animale

Selon l'enquête Exploitants, l'élevage est faiblement intégré dans les exploitations de l'échantillon et est constitué principalement de l'élevage ovins.

L'élevage ovin, observé principalement au niveau des PPI de Dar Jamîya, Sisseb et AB2, constitue une activité traditionnelle qui n'est pas intégrée dans les PPI. Il est lié principalement aux zones de pâturage naturels vers le sud (Sabkhet Sidi Elheni) qui représentent la base de la ration complétée par des apports alimentaires achetés en dehors de l'exploitation.

L'élevage bovin laitier, par contre, n'a été constaté que dans le PPI de Balaoum, où 45% des exploitants enquêtés font l'élevage d'un effectif variant entre 2 et 30 vaches laitières, dont le rendement moyen en lait est de l'ordre de 20 L/ par vache par jour, soit 4200 L par vache par lactation²¹. Les 4200 L sont vendus à la SMSA Ennajeh, implantée à Chiab. Outre la facilité de commercialisation à proximité (dans la même Imada),

²¹ La durée de la lactation est de 210 jours

l'élevage bovin laitier dans ce PPI bénéficie de la disponibilité d'anciens puits encore fonctionnels et de la pratique des cultures fourragères par de grands éleveurs.

Cette activité est quasi-absente dans le PPI Chiab, malgré l'existence d'une SMSA au niveau du village de Chiab. Pareillement pour le PPI AB2, où ce type d'élevage n'a pu être intégré malgré l'implantation du centre de collecte de lait de la SMSA El Wafa au niveau du PPI. Elle tend à disparaître du PPI Sidi Bou Ali, suite à la fermeture de la centrale laitière de Sidi Bou Ali en 2018.

L'activité souffre des mêmes difficultés observées à l'échelle nationale, et qui sont à l'origine du recul du cheptel, à savoir : (i) les coûts élevés de l'alimentation, (ii) le manque de l'alimentation subventionnée et les maladies telles que les mammites (à cause de la chaleur) et (iii) le recul des surfaces des cultures fourragères.

La régression de l'activité de l'élevage bovin peut affecter la durabilité des PPI (moins de fumiers, recours aux fertilisants chimiques, pollution de l'eau, du sol, ...), mais d'un autre côté elle contribue à la réduction de l'émission GES.

III-2.1.3. Modes de faire-valoir et stratification des exploitations

Selon l'enquête Exploitants, 85% des exploitants sont propriétaires de leurs exploitations. Les 15% restants, pratiquent la location, selon un mode formel ou informel, ou le métayage.

Le phénomène de la location est encore apparent dans le gouvernorat de Sousse, notamment à Balaoum, Chiab et Sidi Bouali, où l'eau est relativement sécurisée. Cette pratique était courante dans le passé surtout pour l'intercalaire, où on trouve parfois une cohabitation entre propriétaire et locataire sur la même parcelle. Elle tend à diminuer, selon les enquêtés, en raison du manque d'eau d'irrigation.

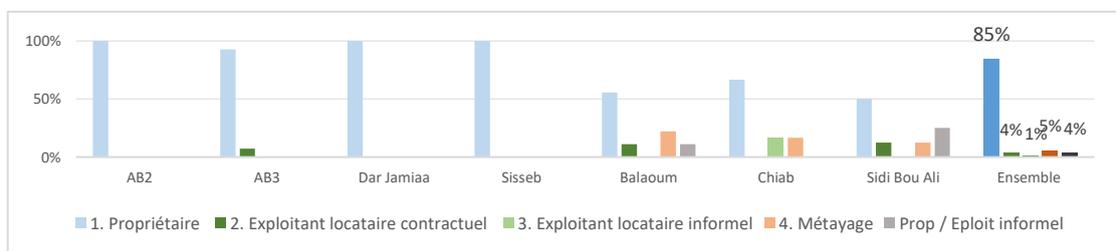


Figure 8: Statut foncier des exploitations (Enquête)

Le morcellement de la terre est la source de la prolifération du mode de location en informel. Après 2016 ces exploitations ne sont plus attractives pour les locataires en raison de l'insuffisance de l'eau. En effet, au cours de la réalisation de l'enquête exploitants, aucun agriculteur, exploitant une superficie inférieure ou égale à 0,5ha, n'a pu être rencontré pour quatre PPI sur un ensemble de sept.

En ce qui concerne la stratification des exploitations, et en comparant celle fournie par les GDA (établie selon la liste des exploitations) à celle établie à l'issue de la réalisation de l'enquête « exploitant », on remarque que les petits exploitants (détenant une superficie inférieure à 2ha) étaient les moins rencontrés sur le terrain. En effet, et selon les différents entretiens réalisés, le phénomène de l'abandon de l'activité agricole est en pleine progression.

Tableau 20: Stratification des exploitations (Enquête)

GDA/ PPI	Nbre irrigants (2022)	Strate (selon liste exploitations)			Strate (résultat de l'enquête)		
		<0,5ha	0,5 - 2 ha	>2ha	<0,5ha	0,5 - 2 ha	>2ha
Chiab	44	32%	47%	21%	0	67%	33%
Balaoum	120	20%	50%	30%	0	22%	78%
Sidi Bou Ali	100	70%	25%	5%	12,5%	50%	37,5%
Dar Jamíya	137	11%	48%	41%	0	55%	45%
Ain BouMourra 2	280	7%	54%	39%	11%	68%	21%
Sisseb	39	14%	66%	20%	17%	50%	33%
Ain BouMourra 3	180	17%	56%	29%	0	21,4%	78,6%

Généralement les petites exploitations (<0,5ha) sont plantées par des arbres (principalement par des oliviers) où les propriétaires ont d'autres activités économiques. Selon la stratification établie à partir de la liste des exploitations, cette catégorie est dominante au niveau du PPI de Sidi Bou Ali. Elle y représente 70% des exploitations. Il importe de rappeler que les petits exploitants ont une faible capacité à investir dans des pratiques agricoles durables, ce qui affecte leur capacité de résilience aux changements climatiques, et donc leur potentiel de développement.

III.2.2 Pratiques culturales

Les pratiques culturales jouent un rôle majeur dans l'adaptation aux CC, en contribuant notamment à la durabilité des cultures et à l'amélioration des rendements. Elle sont abordées dans cette sous-section par référence à la pratique de l'assolement et à la conservation du sol.

III-2.2.1. La pratique de l'assolement

L'enquête a interrogé les exploitants sur leurs pratiques de l'assolement en tant que pratique de planification et d'alternance des cultures sur une même parcelle de terre pour améliorer la fertilité du sol et augmenter la production agricole.

Les principaux constats relevés sont les suivants :

- Un exploitant sur trois (34%) pratique l'assolement. Cette pratique est observée surtout à Dar Jammiaa, Sisseb et les PPI de Sousse, connus par leur vocation maraichère. L'assolement est quasi-inexistant à AB2 et rare à AB3, étant des PPIs à vocation arboricoles.
- Les exploitants semblent connaître des difficultés dans la mise en œuvre de rotations et assolements diversifiés.
- Les séquences déclarées par les exploitants tournent principalement au tour de la pomme de terre et le piment, comme montré dans le tableau suivant.

Tableau 21: Séquences culturales pratiquées (Enquête)

AB3	Sisseb	Dar Jamíya	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Céréales- pois/piment/jachère	Piment-fève/petits- pois/oignons	Céréales-piment- petits-pois	PDT- (piment- pastèque)	PDT-(piment- pastèque)	(Piment+tomate)/p dt +fenouil + fève
Petit- pois/piment	Piment- petits- pois/oignons/orge	Piment-petits- pois/fève	PDT-(fève-petit pois)/ pastèque-melon/ pdt- (laitue-fenouil)	PDT-piment	(Orge/pdt+piment)
	Piment- (pois/fève)	Piment- céréales	PDT - (piment- courgette)		- (orge/tomate+pim ent)
	Blé-piment/jachère	Piment-petits- pois/fève	Jachère-sorgho- avoine		Piment/Tomate
	Piment-fève/petits- pois/oignons	Piment – fève	PDT-(piment- pastèque)-jachère		PDT/ Fenouil- piment
	Piment- petits- pois/oignons/orge	Piment-oignon			Pdt- oignon
	Piment- (pois/fève)				
	Blé-piment/jachère				

Source : AGER 2023 (Enquête)

L'observation de ces séquences culturales montre qu'en maraîchage, les cultures de solanacées (piments, tomates, pomme de terre) et cucurbitacées (melon, pastèque, ..) occupent une place prédominante, car il s'agit de productions essentielles et incontournables, en circuit court comme en circuit long.

Cette situation induit cependant des difficultés dans la mise en œuvre de rotations et assolements diversifiés. Les rotations courtes et intensives (sous abri aussi) et le retour fréquent des solanacées et cucurbitacées, peuvent engendrer l'apparition de maladies. Donc, pour assurer les meilleurs résultats agronomiques, il importe de choisir les espèces et variétés les plus adaptées à ce contexte, c'est-à-dire celles caractérisées par une rusticité et disposant d'un potentiel de résistance aux maladies.

III-2.2.2. La gestion du sol

La conservation du sol est une technique agricole de grande importance dans l'adaptation aux changements climatiques, dans la mesure où elle vise à maintenir la qualité du sol, à préserver sa fertilité, à réduire l'érosion, voire même à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à augmenter la capacité des sols à stocker du carbone.

Les résultats de l'enquête montrent que :

- **L'agriculture de conservation** est quasi absente, très peu d'agriculteurs connaissent cette technique. L'analyse des sols, l'adaptation de l'itinéraire technique au sol et le compostage des déchets de la taille ne sont pas pratiqués par les exploitants de l'échantillon.
- **Les techniques culturales** pratiquées par les agriculteurs sont classiques, consistant principalement à effectuer des labours profonds pour la mise en place des cultures maraichères. Les techniques culturales simplifiées ou innovantes ne sont pas pratiquées.
- **Le passage de la traction mécanique**, principalement pour les travaux de labours, est réalisé à une moyenne de 3,6 fois par an. Il est plus fréquent dans les PPIs de Chiab (6,7 passages), Balaoum, Sisseb et Dar Jamîya ; des PPIs à vocation maraichère et à taux d'intensification des cultures irriguées élevés (Chiab et Balaoum notamment). Ce type de passage est observé même dans les exploitations à orientation arboricole (2,2 passages à AB2). Il prend la forme de travaux de labour entre les arbres. Le nombre de passage de la traction mécanique, renseigne sur le taux d'exploitation et d'intensification des terres, en effet, et selon l'enquête exploitant c'est au niveau du PPI de Chiab qu'on a enregistré le taux le plus élevé d'intensification en cultures irriguées.
- **L'enfouissement des déchets** des arbres et des plantes lors du labour des terres est pratiqué par 32% des exploitants. Cette pratique est plus fréquente au PPI de Sisseb et quasi-absente aux PPIs de AB.
- **L'utilisation du fumier** est pratiquée par 62,5% des enquêtés une fois par an. 16% des exploitants l'utilisent une fois tous les deux ans et 3% des exploitants l'utilisent rarement. Le jus de fumier et de compostage ne sont pas utilisés pour la fertigation au niveau de ces PPIs. En effet, seulement 5% des exploitants ont confirmé leur utilisation une fois par an et 11% des exploitants l'utilisent d'une façon pluriannuelle. En ce qui concerne la fertilisation des cultures, les apports se font d'une façon usuelle sans aucun recours à une analyse du sol ni prise en considération des antécédents culturaux.
- **Le labour profond** est pratiqué par plus de la moitié des exploitants. Les profondeurs des labours varient entre 30 et 80cm.

- **La dégradation de la qualité du sol** a été constatée par 32% des exploitants de l'échantillon. Sa manifestation est perceptible à travers principalement l'appauvrissement du sol (30%), l'épuisement du sol (30%) et la salinisation du sol (17%). D'autres manifestations ont été citées dans une moindre mesure : (i) l'apparition d'adventices (9%), (ii) le changement de la couleur et de la structure du sol (plus compacte) (4%), (iii) la dégradation à cause de l'utilisation des produits chimiques (4%) et (iv) l'effritement du sol (4%).
- L'impact de la dégradation du sol est ressenti surtout à travers la baisse des rendements et l'augmentation des charges.

Malgré l'importance du travail du sol, notamment en post récolte afin de casser les mottes et de faciliter la pénétration de l'eau, les labours excessifs dans un contexte de CC pourraient impacter la qualité et la structure des sols et réduire leurs capacités de rétention de l'eau.

Une exception mérite d'être soulignée, le cas d'un exploitant à Sidi Bouali qui a pratiqué l'agriculture conservatrice, basée sur le zéro labour, au niveau de son exploitation arboricole.

Tableau 22: Comportement des exploitants en matière de gestion des sols (Enquête)

Gouvernorat	Kairouan				Sousse		
PPI	AB2	AB3	Dar Jamiya	Sisseb	Baleoum	Chiab	Sidi Bouali
Gestion des sols							
Connaissance de l'agriculture de conservation	0	0	0	0	0	0	12,5%
Passages de la traction mécanique	2	3,14	4,54	3,8	5,11	6,6	2,37
Enfouissement des déchets	37%	29%	36%	67%	22%	0	25%
Utilisation du fumier	0	7%	45%	67%	44%	50%	38%
Labour profond	11%	50%	55%	67%	78%	100%	63%
Perception de la dégradation des sols	26%	7%	18%	50%	22%	67%	75%

Source : AGER 2023 (Enquête)

III.2.3 Pratiques d'irrigation et besoins en eau

L'enquête Exploitants a interrogé les interviewés sur : (i) les techniques d'irrigation, (ii) la connaissance des besoins en culture, (iii) leur satisfaction de leurs pratiques actuelles, (iv) les constats de problèmes liés à l'eau et (v) les besoins des cultures en eau.

III-2.3.1. Techniques d'irrigation

La principale technique d'irrigation utilisée par les exploitants est le goutte-à-goutte (79%), suivie par l'irrigation de surface (8%) et la submersion classique (Citernes) (4%). Environ 8% des exploitants procèdent à la combinaison de ces techniques. Les exploitants des PPI de AB2 et AB3 utilisent le goutte-à-goutte dans de moindres proportions (respectivement 68% et 43%). Ils ramènent l'eau des sondages hors périmètre, à travers les conduites en polyéthylène, et l'irrigation ce fait par cuvette.

Les techniques d'irrigation utilisées donnent satisfaction à plus des trois quarts des exploitants (78%). La proportion des exploitants satisfaits atteint son niveau le plus bas dans le PPI de AB2, soit 43%. Cette satisfaction est attribuable à la technique goutte-à-goutte qui permet une économie d'eau, un gain du temps et un moindre effort. Les autres techniques et leur combinaison sont appliquées surtout en l'absence d'autres alternatives.

III-2.3.2. La connaissance des besoins en eau et satisfaction des pratiques d'irrigation

La connaissance des besoins en eau d'irrigation permet aux agriculteurs d'utiliser l'eau de manière plus efficace, de réduire les pertes de récolte et les coûts d'irrigation, et de réduire l'utilisation d'engrais et de pesticides.

Une large partie des exploitants ne maîtrise pas bien les besoins réels des cultures. L'enquête révèle que (47%) des exploitants reconnaissent ne pas connaître les doses nécessaires. Ils s'appuient surtout sur l'expérience (35%), le visuel (26%), la disponibilité (12%) ou la combinaison des trois (24%). Comme exemple de réponses on note : l'application en général des doses, à l'œil, par expérience, par habitude (3 jours, 3 fois par semaine, ..), selon la disponibilité (quand toutes les cuvettes sont pleines), par remplissage du besoin de l'arbre, et à l'observation de l'humidité des deux côtés de la plante. ²²

Les trois quarts des exploitants enquêtés semblent satisfaits de leurs pratiques d'irrigation (dose, durée, périodes d'irrigation), bien qu'une partie d'entre eux adopte des pratiques peu favorables à une gestion rationnelle d'une denrée rare comme l'eau. Cette attitude conservatrice est confirmée par leur opinion concernant les éventuels problèmes liés à l'eau d'irrigation.

Ceux qui ne sont pas satisfaits des techniques utilisées (22%) évoquent comme explications : (i) le **manque d'eau**, la durée insuffisante de son utilisation et la sous-utilisation des installations qui en résulte, (ii) les **difficultés techniques** comme le colmatage des goutteurs, l'utilisation des jetables et sans filtre au niveau du quartier, (iii) **l'inadaptation du goutte-à-goutte** au volume d'eau disponible, à la périodicité d'irrigation et aux besoins des arbres habitués au bassin, et (iv) **les coûts** en termes d'efforts physiques, de temps pour déplacer les conduites en polyéthylène, de dépenses et de gaspillage de l'eau.

La méconnaissance des besoins des cultures, explique en partie l'écart constaté entre les volumes facturés et les besoins théoriques (II.2).

III-2.3.3. Constats de problèmes liés à l'eau

Près des deux tiers des exploitants (64%) ne constatent pas l'existence de problèmes liés à l'eau ; ce qui est paradoxal dans un contexte où les installations des PPIs sont en partie vétustes et sont fortement touchées par la problématique de raréfaction de l'eau d'irrigation.

Les principaux problèmes liés à l'eau évoqués par 26 exploitants, soit 36% de l'échantillon, sont : la salinisation et la dégradation de l'eau (70%) et l'apparition d'adventices (8%). D'autres problèmes ont été évoqués, mais de manière non récurrente, à savoir : le colmatage des goutteurs, les coupures d'eau, le faible débit, la structure des sols, et l'insuffisance des volumes.

III-2.3.4. Les besoins en eau d'irrigation

L'estimation des besoins en eau d'irrigation des différentes cultures (doses, temps et périodes d'irrigation) est déterminante au niveau du dimensionnement des superficies irrigables (superficies équipées) des PPIs.

Le tableau suivant présente les besoins en eau théorique de chacun des PPI (calculés sur la base des besoins théorique de chaque culture et rapporté à l'assolement) comparé à ceux calculés selon les déclarations des exploitants enquêtés (sur la base des montants payés annuellement aux GDA). Le tableau détaillé des besoins en eau par culture et par PPI est présenté en annexe.

²² Une expérience récente mérite d'être soulignée « Suivi des irrigations par des étudiants » dans le cadre de la mise en œuvre de l'application Mapia (2 exploitants : 1.Sisseb + 1.Dar Jamíya).

Tableau 23: Estimation des besoins en eau

PPI	Superficie du PPI	Volume d'eau consommé (m3/ha) selon l'enquête	Besoin en eau théorique Total PPI	Volume en eau total calculé selon l'enquête ²³
Ain Boumoura 2	360ha	4600	1 838 007	1 656 000
Ain Boumoura 3	372ha	2374	1 402 853	883 128
Dar Jamîya	300ha	1190	915 034	357 000
Sisseb	100ha	NE	431 521	NE
Sidi Bou Ali	952ha	4422	3 496 562	4 209 744
Chiab	190ha	5057	749 893	960 830
Balaoum	360ha	3864	1 285 105	1 391 040

Source : AGER (Enquête) + Revue documentaire

D'après ces calculs, on note que les volumes d'eau consommés au niveau des PPI de Sousse, dépassent les besoins théoriques (notamment à Sidi Bou Ali). Cela peut être justifié, entre autres, par une perte d'eau au niveau du réseau, vu l'état vétuste des conduites. Par ailleurs, au niveau des PPI de Kairouan, les volumes d'eau consommés sont en dessous des besoins théoriques. En effet, au niveau des deux PPI de AB, les exploitants font recours à des ressources externes pour arroser les cultures, par contre à Dar Jamîya, c'est la restriction appliquée par le GDA qui fait que les volumes consommés soient inférieurs aux besoins théoriques.

Toutefois, les normes avancées par culture sont généralement sujettes à de multiples interprétations. Les besoins en eaux de chaque culture peuvent être déterminés par l'environnement édaphique, climatique et les modes de conduite (types d'irrigation, qualité de l'eau, variété végétale, saison de culture, association des cultures, niveau d'intensification, densité des cultures, etc. ...). Cette multitude de facteurs affectant les besoins en eau, nécessite de la prudence dans les interprétations.

Tableau 24: Pratiques d'irrigation des exploitants (Enquête)

Gouvernorat	Kairouan				Sousse		
	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Pratiques d'irrigation							
Irrigation par le goutte-à-goutte	71%	71%	91%	100%	100%	100%	100%
Satisfaction des pratiques d'irrigation	47%	78%	100%	100%	100%	100%	75%
Connaissance des besoins en eau	53%	64%	55%	33%	44%	83%	62%
Constats de problèmes liés à l'eau	16%	14%	18%	100%	11%	100%	75%

Source : AGER 2023 (Enquête)

III.2.4 Besoins en énergie

Les principales énergies utilisées au niveau des exploitations sont le fuel et dans une moindre mesure l'électricité.

Le fuel est consommé principalement pour les déplacements (49%), le pompage (30%) et le labour (14%). La consommation moyenne de fuel est de l'ordre de 4800 DT par an, soit l'équivalent de 2335L de diésel. L'approvisionnement en fuel et le paiement de factures d'électricité ne semblent pas constituer des contraintes pour les exploitants.

La majorité des exploitants connaissent l'existence d'autres sources d'énergie que le fuel et l'électricité, notamment l'énergie solaire, et affirment leurs acceptations d'utiliser d'autres solutions innovantes.

²³ Sans prendre en compte les autres sources d'eau, uniquement les volumes reçus des GDA

La plus part des exploitants enquêtés (75%) connaissent l'existence d'autres sources d'énergie autres que l'électricité et le fuel . Pratiquement tout les répondants ont cité l'énergie solaire, et quelques-uns ont cité l'énergie éolienne (3), et le Gaz naturel (1).

A noter que 89 % des enquêtés ont manifesté leurs acceptations d'utiliser des solutions innovantes en matière d'énergie.

Tableau 25: Besoins en énergie (Enquête)

Gouvernorat	Kairouan				Sousse		
PPI	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Connaissance de l'existence d'autres sources d'énergie que le fuel et l'électricité	79%	71%	55%	88%	100%	83%	88%
Acceptation d'autres sources innovantes	74%	93%	91%	100%	100%	80%	100%

Source : AGER 2023 (Enquête)

III.2.5 Résultats obtenus

Les résultats obtenus de l'occupation des sols, exprimés en termes de rendements et de marge brutes (MB/ha moyen), se présentent comme suit :

III-2.4.1. Rendements

Les rendements relevés par l'enquête exploitants, correspondent à des niveaux globalement acceptables, comparativement à ceux fournis par la situation de référence ou les fiches techniques, et ce malgré le manque de l'eau et les difficultés de production identifiées.

Le niveau des rendements réalisé informe à la fois, sur les efforts déployés par les agriculteurs (notamment en matière d'irrigation) et sur les efforts du gestionnaire de l'eau qui organise sa distribution dans un contexte de pénurie.

Il importe de noter que les rendements moyens au niveau des PPI auront des valeurs inférieures notamment pour l'arboriculture, du fait que plusieurs exploitants, principalement de Kairouan, ont déclaré qu'ils n'ont pas réalisé une production fruitière (les efforts sont déployés pour la sauvegarde des arbres). En matière de culture maraîchère, le manque de l'eau se répercute sur les superficies occupées par les cultures et non pas les rendements.

Tableau 26: Les rendements des cultures (T/ha)

	Rdt (T/ha) Enquête	Situation Référence	Sources
Olivier (ha)	6-8	5	APD AB
Abricotier (ha)	15	15	APD AB
Grenadier	10	12	Norme (fiche technico économique)
Agrumes	20	25	AB AB
Amandier	10	8	Norme (fiche technico économique)
Petit-pois	12-15	10	Norme (fiche technico économique)
Piment	15-36	30	Norme (fiche technico économique)
Tomate	50	70	Norme (fiche technico économique)
PDT de saison	30	24	Norme (fiche technico économique)
PDT Ar saison	15	15	Norme (fiche technico économique)
Concombre	25	25	Norme (fiche technico économique)
Pastèque	30	30	Norme (fiche technico économique)
Courge	25	30	Norme (fiche technico économique)

AFD	6-20	-	Norme (fiche technico économique)
Céréales	5	15	Norme (fiche technico économique)
Fève	12	15	Norme (fiche technico économique)
Corètes/Autres	1	-	

Source : AGER 2022 (Enquête) + Normes technico-économiques (DGPA – MARH)

A noter que le rendement des céréales observé (à Sisseb) est particulièrement bas, traduisant l'épuisement des sols.

III-2.4.2. Marges brutes

La marge brute (MB) est égale à la valeur de la production au prix du marché diminuée des coûts des intrants : semences, fertilisants, pesticides, redevance d'eau ; et des coûts des services externes comme la main-d'œuvre salariée, la location d'équipement agricole, d'animaux de labour, etc. Elle peut être calculée pour chaque culture et chaque saison. La marge brute annuelle (MBA) est l'addition des marges brutes des différentes saisons d'irrigation. La marge brute totale est l'addition des marges brutes de toutes les cultures de l'exploitation irriguée²⁴.

La marge brute a été estimée pour un hectare moyen au niveau de chaque PPI²⁵. Elle est calculée sur la base des rendements précédents et varie entre 9124 DT/ha à Dar Jamîya à 11304 DT/ha à Sisseb.

Tableau 27: Marges brutes (DT/ha moyen)

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Marge brute (DT/ha moyen)	10276	9653	9124	11304	12520	11297	10588

Source : AGER 2022 (Enquête)

III.2.6 Perception des changements climatiques et de leurs impacts

L'enquête a interrogé les exploitants sur leur perception quant aux changements climatiques et aux leurs causes.

III-2.7.1. Perception des changements climatiques et de leurs causes

Une grande partie des exploitants enquêtés a perçu des changements des conditions climatiques à travers principalement, l'augmentation de la température (43%), le manque des précipitations (34%), une plus grande humidité (5%), et une durée de chaleur plus longue (5%). Ces manifestations représentent déjà 87% des 151 citations relevées.

D'autres manifestations soulevées (13%) portent sur la fréquence des vents et sirocco, la perturbation du rythme des saisons, la fréquence des gelées et de la grêle, les pluies hors saison et les phénomènes extrêmes, et le tarissement de la lagune de Kalbia.

Par contre, **les causes des changements climatiques** ne semblent pas être suffisamment connues par les exploitants. En effet, 55% des exploitants enquêtés déclarent les connaître. Ils évoquent : la pollution (48%) et dans une moindre mesure la détérioration de la couche d'ozone et l'émission de gaz à effet de serre.

²⁴ La partie de la récolte qui n'est pas vendue ou consommée, mais gardée comme un intrant (ex.: semence) ne doit pas être incluse dans la valeur de la production.

²⁵ L'hectare moyen est constitué par les parts des différentes cultures au prorata de l'occupation globale du sol au niveau de chaque PPI. En effet le nombre réduit des observations renseignées au cours de l'enquête ne permet pas d'effectuer des calculs significatifs.

III-2.7.2. Perception des impacts des changements climatiques

Les impacts des changements climatiques sur l'exploitation concernent, selon les exploitants interrogés, la baisse des rendements (31%), l'abandon des cultures maraichères (14%), les dégâts sur la production (13%), la baisse de la production (13%), le manque d'eau (6%), et les arrachages des arbres (6). Les autres impacts, constituant, 18% des citations, concernent : la baisse des superficies, l'augmentation des charges, la dégradation de la qualité des productions, et l'apparition de nouvelles adventices.

III.2.7 Formes d'adaptation observées

L'enquête a interrogé les exploitants sur trois aspects se rapportant à l'adaptation et la résilience, à savoir : (i) l'adaptation face à une pénurie d'eau : dans le passé, et avant et en milieu de la campagne agricole, (ii) les mesures de résilience et d'adaptation observées, et (iii) les pratiques d'entre-aide et les règles de concertation. Les réponses ont été recoupées avec d'autres observations sur le terrain.

III-2.8.1. Adaptation face à une pénurie d'eau

Les exploitants ont été interrogés sur leurs pratiques face à une pénurie d'eau en distinguant trois horizons temporels : le passé, l'avant-campagne et le milieu de la campagne. L'analyse a permis de relever pour chaque niveau trois catégories d'attitudes, à savoir : (1) une « attitude passive » consistant en gros à laisser passer la crise, (2) une « attitude de résistance ou de survie », consistant à trouver des moyens pour sauver l'existant, et (3) une « attitude réactive » consistant à changer les pratiques de manière à introduire des changements structurels.

Face à une pénurie d'eau, ayant eu lieu dans le passé (depuis l'année 2016), la majorité des exploitants ont adopté une « attitude passive » (73%). Moins nombreux ceux qui ont adopté une « attitude de résistance » (15%) et une « attitude réactive » (12%)

L'attitude passive consiste à : ne rien faire (32% principalement dans le cas de l'arboriculture), à ne pas engager des cultures, et à réduire des superficies (14% dans le cas surtout les cultures maraichères). L'attitude de résistance consiste à : creuser des sondages (5%), chercher la sauvegarde des arbres (5%), recourir aux citernes (3%), et utiliser les sondages du CRDA (1%). L'attitude réactive consiste à arracher et remplacer les arbres (7%), changer des cultures associé et/ou réduire les superficies (4%), et développer des cultures sous serres (1%).

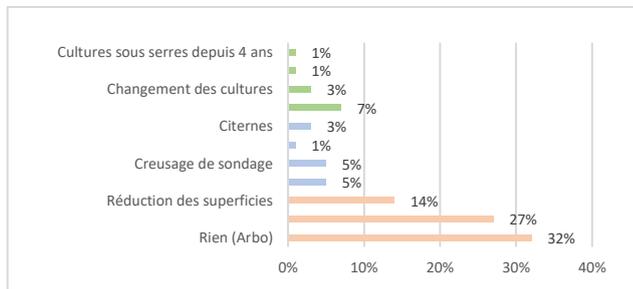


Figure 9: Adaptations dans le passé face à une pénurie d'eau

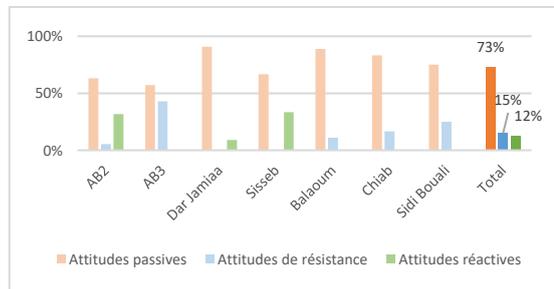


Figure 10 : Adaptations dans le passé face à une pénurie d'eau

Face à une pénurie d'eau, avant le démarrage de la campagne, la majorité des exploitants ont adopté une « attitude passive » (63%) et moins nombreux sont ceux qui ont adopté une « attitude de résistance » (29%) et une « attitude réactive » (8%).

L'attitude passive consiste à : ne rien faire (Attentisme) (34%), renoncer aux cultures (25%), réduire les superficies (4%), ou abandonner l'activité (1%). L'attitude de résistance, consiste à recourir aux puits et sondages (22%), recourir au transport d'eau par citernes tractées (4%), recourir aux sondages GDA (1%) et compter sur le pluvial. L'attitude réactive consiste à prendre des risque (3%), se limiter à l'irrigation d'appoint (1%), louer des parcelles ailleurs (1%) ou retarder la semence (1%).

Face à une pénurie d'eau, annoncée au milieu de la campagne agricole, 58% des exploitants adoptent une « attitude passive » et 42% adoptent une « attitude de résistance » et 12% adoptent une « attitude réactive ». Dans cette situation, le temps est très court pour manifester une attitude réactive.

L'attitude passive consiste à ne pas réagir ou contester devant le CRDA. L'attitude de résistance consiste à recourir aux citernes (11%), aux puits & sondages (9%), aux sondages hors périmètres (5%), et aux sondages GDA (3%). D'autres pratiques ont été également relevées : location de terres près d'un puit (1%), l'irrigation d'appoint (1%) et le recours aux bassins (1%).

L'attitude passive face à la pénurie de l'eau a été plus prononcée dans le passé. En situation de pénurie au démarrage, et surtout en milieu de la campagne, les exploitants tendent à faire plus de résistance, comme réflexe de survie. Mais les attitudes passives restent majoritaires.

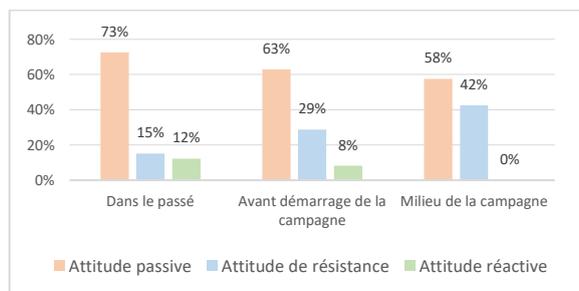


Figure 11: Comparaison des attitudes (Passé, Avant démarrage de la campagne; Milieu de la campagne)

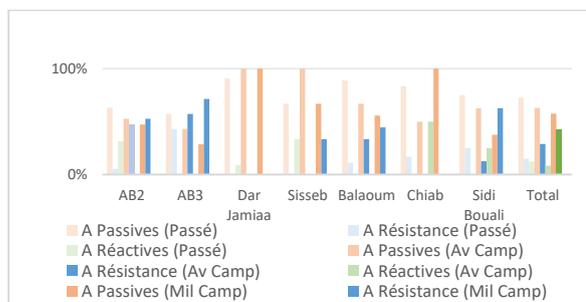


Figure 12: Comparaison des attitudes des PPI

III-2.8.2. Mesures de résiliences et d'adaptation observées dans les PPIs

Interrogés sur les mesures de résilience adoptées face aux CC, les exploitants ont évoqué des mesures pouvant être regroupées en deux catégories principales : la gestion des cultures et la recherche d'autres sources d'eau.

S'agissant de la gestion des cultures, les exploitants enquêtés ont évoqué notamment la réduction des superficies, l'arrêt total des pratiques de location de la terre dans le périmètre et tout une autre série de mesures, dont le changement des dates de semis, la pratique de l'irrigation la nuit, le choix des engrais pour éviter les brûlures, l'utilisation du paillage pour minimiser l'évaporation, l'utilisation du reste des petits pois pour couvrir les tuyaux, l'abandon des cultures pluviales autres que l'olivier, la location dans d'autres zones etc.

Le recoupement entre diverses sources d'information permet de faire les commentaires suivants :

- **Abandon des exploitations** : cela a été observé surtout dans les PPI AB1 et AB3, où la majorité des exploitations sont abandonnées sous l'effet du manque d'eau mais aussi du morcellement des terres. Un phénomène identique mais de moindre ampleur est observé à Dar Jamîya et Sisseb. Les exploitations concernées sont en général de petite taille.

- **Réduction de surfaces irriguées** : Cette forme d'adaptation a été constatée dans pratiquement tous les PPIs, où il y a des cultures maraichères, et en particulier à Chiab, Balaoum, Sisseb et Dar Jamîya.
- **Arrachage des arbres et transformation en bois** : Dans les PPIs AB1 et AB3, on assiste à des arrachages des abricotiers et d'agrumes pour les vendre aux commerçants du charbon de bois. Depuis 2016, plus de cinq (05) unités pour la production de charbon de bois d'abricotier se sont installées dans le PPI AB1, et le métier est encore en progression. (AB1, AB3)
- **Intensification des cultures**. Le modèle le plus concret, est celui de l'intensification des cultures arboricoles tel que l'olivier avec d'autres cultures maraichères ou même arboricoles tel que l'abricotier en intercalaire.
- **Changement de cultures** : Cette mesure a été observée dans pratiquement tous les PPIs. Dans les PPIs AB1 et AB3, on constate le remplacement des superficies d'abricotiers et d'agrumes par des oliviers en mode pluvial. Dans le PPI de AB2, des superficies d'agrumes ont été remplacées par l'abricotier et les oliviers. Dans le PPI de Sidi Bouali, on assiste à la transition vers des spéculations moins consommatrices en eau telles que le haricot et les sous serres, en remplacement de la pomme de terre de saison.
- **Choix des cultures moins consommatrices d'eau** : Cette forme représente 4% des citations. Elle est associée en général à une préférence accrue à remplacer les cultures maraichères autres que la PDT, par l'arboriculture.
- **Développement d'autres activités (4%)** : Cette forme signifie notamment une diversification des activités agricoles, mais aussi dans le cas des petites exploitations à chercher d'autres sources de revenus.

S'agissant de la recherche d'autres sources d'eau, un aspect développé dans la section II.2, l'enquête a confirmé son importance parmi les formes d'adaptation (21% des citations). Les sources en question sont les sondages et les citernes.

L'adoption des techniques d'économie d'eau n'a représenté que 3% des citations.

Tableau 28: Mesures de résilience (Enquête)

PPI	Kairouan				Sousse		
	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Gestion des cultures							
Réduction des superficies irriguées	5%	8%	50%		30%	27%	27%
Recours à d'autres sources	33%	31%			10%		
Choix cultures moins consommatrices d'eau	14%	7%		83%	10%	7%	7%
Développement d'autres activités	5%		17%			13%	13%
Adoption des techniques d'économie d'eau				17%	10%	39%	39%
Abandon des cultures annuelles	19%	31%	33%		10%		
Utilisation du paillage					10%		
Changement des dates de semis						12%	12%
Rien	24%	23%			22%		
Total	100%						

Source : AGER 2022 (Enquête)

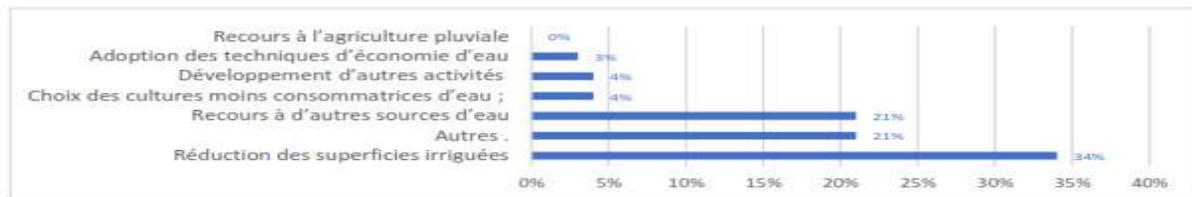


Figure 13 : Principales mesures de résilience adoptées

III-2.8.3. Pratiques d'entre-aide et règles de concertation

Selon l'enquête, seul 7% des exploitants enquêtés ont cherché à établir des pratiques d'échange et d'entre aide pour atténuer les impacts des CC. Ce faible taux reflète la prépondérance de l'individualisme chez le Fella Tunisien, tout comme le reste de la société qui a vu de profondes mutations dans les structures traditionnelles de solidarité organique.

Ces pratiques ont porté sur les actions suivantes : l'échange des déchets de taille pour le fumier, le partage d'expériences et de conseil agricole, le traitement des cultures, le partage de l'eau, l'achat des engrais et des bargataires, l'échange du tour d'eau

Les règles de concertation, c'est-à-dire les règles établies par les membres d'une communauté qui entament un processus de co-décision pour faire face à un/des enjeux communs, n'ont pas été citées par les enquêtés. Elles sont pourtant perceptibles dans les activités de certains GDA, notamment à Sisseb et Dar Jamîya qui ont un projet de fusion.

III.2.8 Contraintes, propositions et perspectives de développement

III-2.9.1. Principales contraintes au développement de l'exploitation.

Interrogés sur les contraintes au développement de l'exploitation, les enquêtés ont formulé 32 citations, regroupées en 8 catégories, dont les principales sont : la disponibilité de l'eau d'irrigation (53%), le financement (25%) et l'augmentation des coûts de production. (6%)

Les autres groupes de contraintes (16%) sont : l'accès au marché, le manque de semences et d'engrais, et les problèmes fonciers.

III-2.9.2. Propositions pour l'avenir pour s'adapter au manque d'eau.

Les propositions pour favoriser l'adaptation des systèmes de cultures au manque d'eau d'irrigation ont été formulées en 83 citations, regroupées pour les besoins de l'analyse en quatre groupes, à savoir :

- *Le recours aux sondages (20% des citations)* : Les propositions concrètes sont : (i) le renforcement des ressources en eau par d'autres forages, (ii) l'activation de l'utilisation des 2 sondages créés par la Sergaz, (iii) la prospection de la nappe Ain Boumourra et la création de sondages pour la plantation des fruits exotiques (kiwi, mangue), (iv) l'utilisation de l'équipement en photovoltaïque, (v) l'autorisation de l'électrification des forages, (vi) l'appui des 5 bassins existants par deux sondages.
- *Le choix des cultures (11%)* : Les propositions formulées sont : (i) l'arrachage de tous les arbres fruitiers et remplacement par les oliviers, (ii) le changement des cultures (amandes et oliviers), (iii)

l'essai des cacahuètes, (iv) l'option pour des cultures non consommatrices en eau comme l'olivier, (v) l'option pour les cultures sous serres, (vi) le changement des dates de semis, (vii) l'encouragement des productions pluviales (avec appui de l'Etat), (viii) la promotion de l'économie et la rationalisation de l'eau, et (ix) le choix de cultures économes en eau.

- *La gestion des équipements hydrauliques (8%)* : Les propositions sont : (i) le transfert des eaux du nord, (ii) le rehaussement du barrage - plus de lac collinaire (mobilisation des eaux de surface), (iii) l'élimination des forages illicites, (iv), la réparation des exutoires de l'Oued Lassouda, (v) la construction de bassins, et (vi) l'entretien et curage du barrage.
- *La sensibilisation et vulgarisation (5%)* : Les propositions relevées sont : (i) plus de sensibilisation des agriculteurs, (ii) plus de vulgarisation pour pouvoir changer les types de cultures, et (iii) généralisation du goutte-à-goutte pour les cultures sous serres.

III-2.9.3. Perspectives d'avenir

Les réponses de exploitants de l'échantillon aux questions relatives aux perspectives d'avenir, peuvent être résumées comme suit :

- **Les intentions d'investissement dans le développement des exploitations sont plutôt modestes.** En effet, en moyenne, seul un exploitant sur 3, compte investir. (36%). L'engagement est relativement élevé à Sisseb (67%) et Dar Jamîya (45%). Il est relativement plus faible à AB2 (16%)
- **Les projets d'avenir pour l'exploitation sont concentrés sur quatre domaines principaux** (formant 71% des citations), à savoir : les plantations arboricoles (35% des citations), les élevages bovin et ovin (12%), les cultures maraichères (12%) et les cultures sous serres (12%)
- **Les cultures à développer** déclarées sont regroupées comme suit :
 - Les cultures maraichères : cultures d'hiver, piment, oignon / PDT ; tomate-melon
 - Cultures sous serres : Piment et tomate ;
 - Plantation arboricole : abricotier, agrumes, amandier, grenadier, olivier en intensif, pêcher, prunier, poirier
 - Grande culture : céréales / fourrages
 - Autres cultures : petit-pois, fèves, fourrages d'hiver
 - Compostage : tomates
 - Location terre nue : grandes cultures et élevage
 - Distillation des plantes aromatiques et compostage : Figue de barbarie
- **Les possibilités d'introduction des solutions innovantes dans les futurs projets sont faiblement envisagées** : Seuls 7 exploitants sur 26 enquêtés (ayant annoncé qu'ils souhaitent investir dans le développement de leurs exploitations), soit 27%, déclarent envisager l'introduction des solutions innovantes dans leurs futurs projets. A noter que 64% n'ont pas répondu à la question.
- **Les services de conseil agricole / accompagnement fournis aux exploitants dans le passé sont réduits.** En effet, seuls 20 exploitants, soit 23% de l'échantillon, ont bénéficié de ce type d'appui. Les PPI relativement les mieux positionnés de ce point de vue, sont Dar Jamîya (64%) et Sidi Bouali (50%). D'un autre côté, 53 exploitants (73%) n'ont pas bénéficié de ce type d'appui. Cette proportion est particulièrement élevée à AB3, AB2, Chiab et Sisseb. Cette situation s'explique en partie par les activités d'assistance techniques dont ont bénéficié les GDA de Dar Jamîya dans le cadre du programme AGIRE de la GIZ et à Sidi Bouali par la présence de la SMSA de Sidi Bouali à

laquelle un bon nombre d'agriculteurs du PPI adhèrent. Il est à noter aussi que la CTV de Sbukha, réalise une visite hebdomadaire au GDA de Dar Jamîya, pendant laquelle, il fournit le conseil agricole aux agriculteurs demandeurs. D'autre part, certains agriculteurs ont accès à l'information plus que d'autres et sont avisés des programmes de formation ou des projets d'accompagnement programmés dans la région.

- **Les fournisseurs de services de conseil agricole / accompagnement**, signalés par les 20 exploitants sont répartis comme suit : les CTV / CRDA (57%), les services des fournisseurs (14%), les services privés (payants) (7%), les institutions de recherche (7%), et autres (Organismes de développement etc) : 17%.
- **La formation accordée aux exploitants enquêtés est encore plus réduite.** En effet, seuls 10 exploitants (14%) ont déclaré avoir bénéficié d'une formation. Cette part est relativement élevée à Sidi Bouali (25%) et Balaoum (22%). La part des exploitants n'ayant pas bénéficié de formation est de 86% en moyenne. Elle est relativement plus élevée chez les groupes d'exploitants de AB2 (95%) et Dar Jamîya (91%).
- **Les domaines de formation les plus cités** sont : L'élevage bovin (engraissement et laitier) (23%), la conduite de l'arboriculture (taille d'olivier, agrumes,) (15%), la conduite des cultures maraichères (Pomme de terre, ..) , les cultures sous serres (9%), et l'apiculture.
- **Les besoins en formation / accompagnement/ conseil agricole** sont exprimés par 35 exploitants, soit 48% de l'échantillon ont répondu par l'affirmative et 52% ont répondu par la négative. Balaoum et Sidi Bouali expriment un moindre besoin en ces types d'appui.
- **La prédisposition des exploitants à participer au projet est élevée.** Ainsi, il a été demandé aux interviewés d'attribuer une note allant de 1 à 10 pour qualifier leur enthousiasme. Plus du tiers des exploitants enquêtés (36%) ont donné la note maximale 10 ; plus des deux tiers (69%) ont donné une note supérieure ou égale à 7 ; et environ 91% ont donné une note supérieure ou égale à 5.

Tableau 29 : Perspectives d'avenir

PPI	Gouvernorat		Sousse				Sousse	
	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb 1	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali	
Intention d'investissement dans le développement de l'exploitation	16%	33%	45%	67%	33%	33%	50%	

III.2.9 Analyse SWOT – Systèmes de culture

Tableau 30: Analyse SWOT – Systèmes de culture

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> + Prédominance des cultures arboricoles ; + Taux d'équipement en goutte-à-goutte élevé ; + Conscience des exploitants des effets des CC ; + Prédisposition des exploitants à expérimenter des techniques innovantes ; + Bon niveau de rendements des cultures malgré les difficultés de production ; + Existence de jeunes motivés par les activités agricoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible intégration de l'élevage ; - Assolements insuffisants ; - Utilisation excessive des fertilisants ; - Insuffisance de la connaissance des besoins en eau ; - Insuffisance des connaissances en matière de pilotage des irrigations ;

	- Manque de la vulgarisation agricole et de connaissances en matière de traitement des maladies et des parasites.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> + Présence de nouvelles cultures résilientes ; + Recherche scientifique avancée ; + Existence de programme et de projet visant l'adaptation et l'atténuation des effets des changements climatiques ; + Existence du projet ICAPT et prédisposition des exploitants à participer à ce projet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Changements climatiques ; - Vulnérabilité des ressources eau et sol (érosion du sol, fertilité décroissante, Surexploitation et salinisation des nappes d'eau ; - Apparition de nouvelles maladies et adventices ; - Abandon de l'activité agricole.

III.3 Système de gouvernance de l'eau d'irrigation

Dans un contexte de raréfaction de l'eau, les GDA jouent un rôle de grande importance en tant que structures locales en charge de la gestion de l'eau et des ressources naturelles (forêts, pâturages, ...). Outre la gestion des infrastructures, ces structures sont appelées à veiller à la distribution équitable et durable des ressources en eau disponibles, en respectant les principes de participation, de transparence et de responsabilisation.

Le diagnostic mené, a permis de relever quelques constats concernant : (i) le niveau d'engagement des GDA pour la durabilité des PPIs, (ii) la situation des GDA (personnel et niveau d'endettement) et (iii) les systèmes de gestion et de tarification appliqués (Contractualisation et systèmes de tarification). L'analyse a identifié des contraintes, des vulnérabilités et des formes d'adaptation, et a établi une synthèse SWOT.

Les développements présentés dans ce qui suit combinent des constats à partir de l'enquête exploitants, d'entretiens effectués sur le terrain et l'exploitation de données disponibles sur les GDA.

III.3.1 Caractérisation de la gouvernance de l'eau d'irrigation

III.3.1.1. Niveau d'engagement des GDA

L'engagement des GDA pour la durabilité du PPI, peut être apprécié par le niveau d'adhésion des bénéficiaires aux GDA, la régularité de la tenue des Assemblées générales et des réunions des conseils d'administration, et le niveau d'engagement des agriculteurs dans le processus de gestion communautaire de leur PPI. A partir des investigations menées, il ressort :

- ✓ **Le niveau d'adhésion moyen des exploitants aux GDA de l'échantillon (usagers de l'eau ayant payé leurs adhésions) est de l'ordre de 71%.** Ce taux dépasse de loin la moyenne nationale de 23% pour les GDA d'irrigation (MEHAT, 2020). Ceci traduit une dynamique sociale relativement forte et une conscience de l'importance du PPI et des services du GDA pour les bénéficiaires.

Le niveau d'adhésion est relativement plus bas dans les PPIs de AB2, AB3 et de Chiab. Des taux se rapprochant des 100% sont enregistrés par contre aux PPIs de Sidi Bouali et Sisseb et de Dar Jamîya, qui se caractérisent par une gestion performante du PPI et un fort leadership, garantissant une bonne application des règles et des lois et une meilleure maîtrise du réseau.

- ✓ **Tous les GDA sont dotés d'un Conseil d'administration, dont le nombre de membres varie entre 3 et 6 membres** (conformément aux statuts des GDAs). La tenue des AG se fait tous les 3 ans dans pratiquement tous les GDA, à l'exception de AB3, où deux AG seulement ont été tenues sur plus d'une dizaine d'années, sur demande du CRDA.
- ✓ **Le niveau de participation aux AG, relevé par l'enquête exploitants, est de l'ordre de 68%**. De faibles niveaux ($\leq 36\%$) sont observés dans le PPI de AB2, mais aussi à Balaoum. Les principales raisons évoquées pour expliquer ces défaillances sont : la non disponibilité, le désintéressement (irrigation occasionnelle, manque d'eau, et le manque d'information (non invité, ...)). Par contre, dans les GDA de Dar Jamîya, Sisseb et Sidi Bouali, le taux de participation aux AG dépasse les 60%. Ce taux traduit une bonne entente et un engagement général des adhérents dans la dynamique de gouvernance du GDA et révèle une forte cohésion communautaire et organisationnelle.
- ✓ **L'intention des exploitants interviewés, à s'investir dans la gouvernance est par contre limitée** : Le taux de réponses positives ne dépasse pas 18%, à cette question qui s'intéresse essentiellement à la viabilité des GDA et à l'attractivité du rôle de membre de conseil d'administration pour les adhérents. Ces « faibles taux » sont en vérité forts si l'on considère que les élus d'un GDA ne dépassent pas 6 personnes et qu'au moins 10 adhérents sur cent ont l'intention de se présenter, ce qui indique que le transfert de pouvoir et le ravitaillement des CA par de nouveaux membres sont pratiqués dans ces GDA.

Les arguments évoqués par ceux qui ont déclaré ne pas vouloir s'investir dans la gouvernance de leurs GDA portent notamment sur le manque de temps, la crainte de la responsabilité, la non disponibilité, le désintéressement personnel ou lié à des expériences passées, l'âge avancé et la maladie.

Tableau 31 : Engagement des GDA

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Taux d'adhésion aux GDA (Fiches)	54%	89%	62%	64%	50%	100%	100%
Taux d'adhésion aux GDA (Enquête)	53%	42%	91%	100%	89%	67%	100%
Conseil d'administration	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Tenue des AG (Fiches)	3 ans	2011/2020	3 ans	3 ans	3 ans	3 ans	3 ans
Participation aux AG (Enquête)	32%	36%	73%	83%	33%	60%	63%
Intention des exploitants de s'investir dans la gouvernance (Enquête)	11%	7%	18%	-	-	17%	13%

Source : AGER (Enquête Exploitants + Fiches GDA 2022)

III-3.1.2. Situation des GDA

La capacité d'un GDA à assurer effectivement et de manière durable les services qui lui ont été confiés, dépend en grande partie du personnel recruté et de sa situation financière.

- ✓ **Le personnel recruté au sein du GDA répond globalement aux exigences, mais la situation des directeurs techniques (DT) est dans certains cas précaire** : Les GDAs concernés emploient chacun un DT²⁶ dont le niveau de formation est en général la maîtrise, sauf pour AB2 (Baccalauréat) et Sidi Bouali (Ingénieur Hydraulique). Cependant, dans de nombreux GDA notamment AB1 et AB3, la situation des DT est précaire, en raison principalement : (i) de l'instabilité des membres du CA et des relations

²⁶D'une façon générale, les attributions d'un directeur technique sont : (i) l'exécution des décisions du conseil d'administration, (ii) l'élaboration du budget annuel et des rapports d'exploitation, (iii) l'élaboration des programmes de distribution d'eau et de réparation ou maintenance du PPI et suivi de l'exécution, (iv) la facturation et recouvrement, (v) la préparation des réunions régulières et des assemblées générales, et (vi) la rédaction des procès-verbaux

internes du GDA et de ses bénéficiaires, (ii) du manque de professionnalisme et de maîtrise des compétences de gestion, et (iii) du faible niveau intellectuel de certains membres du CA.

Les GDA emploient aussi des aiguadiers²⁷ dont le nombre varie d'un GDA à un autre. Le GDA de Dar Jamîya consacre un aiguadier pour 300 ha. Le GDA de AB2 réserve un aiguadier pour chaque 72 ha. Le sureffectif dans les GDAs de AB2 et AB3, est dû principalement au climat belliqueux qui a régné dans les PPI de AB ces dernières années et à l'ingérence des autorités locales dans la gestion du GDA en lui imposant de recruter des chômeurs de la zone pour atteindre en 2019 un effectif qui a dépassé les 10 aiguadiers par GDA. Le nombre a baissé suite à l'étude de tarification (AGER, 2019) qui a recommandé la révision de ces suremplois à la baisse.

D'une manière générale, la situation du DT et des autres salariés est aussi tributaire des performances du GDA et du recouvrement des factures qui dépendent d'une part de leurs capacités de gestion et d'exploitation et d'autre part des quantités d'eau fournies ou vendues. Dans cette situation de crise et de détérioration drastique des mannes d'eau distribuées, les ressources financières du GDA risquent de ne plus supporter les charges salariales et de compromettre les postes d'emploi dans le GDA.

Tableau 32 : Personnel recruté par GDA

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Directeur technique	1	1	1	1	1	1	1
Aiguadiers	5	4	1	1	2	1	4
Ha / aiguadier	72	84	300	100	107	95	108

Source : Fiches GDA /AGER 2022

- ✓ **Le niveau d'endettement des GDA envers le CRDA est élevé pour les GDA ABé, AB3 et Balaoum.** La situation du GDA AB3 est problématique au sens où toute sa dette est due au non-paiement par les agriculteurs, ce qui a amené le CRDA à ne pas ouvrir l'eau.

Les PPIs Dar Jamîya et Sisseb sont les plus performants en matière d'endettement, puisque ni le GDA ni les agriculteurs ne sont endettés. Grâce au mode de tarification prépayé, les agriculteurs souscrivent aux quantités d'eau dont ils ont besoin et le GDA remplit ses engagements avec le CRDA.

Tableau 33 : Endettement des GDA

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Dettes du GDA – CRDA	10000	30000	0	0	16000	0	0
Que fait le GDA pour rembourser le CRDA	Recouvrement des dettes des agriculteurs	Pas d'ouverture de l'eau par le CRDA)					
Dettes des agriculteurs	32000	30000	Pas de dettes cumulées	Pas de dettes cumulées	20000	40000	90000
Attitude du GDA pour le recouvrement	Coupeure de l'eau	Pas d'ouverture de l'eau	-	-	Recouvrement et coupeure d'eau	Recouvrement à la fin de la saison (à la production)	

Source : AGER (Fiches GDA 2022)

²⁷ Les tâches attribuées aux aiguadiers d'une manière générale, sont : (i) le contrôle des compteurs et du réseau, (ii) la maintenance et réparation du réseau et des équipements, (iii) l'installation et désinstallation des compteurs, (iv) le suivi et prélèvement continue des index des compteurs, (v) la distribution des factures et de tout type de correspondance entre le GDA et ses adhérents (invitations, préavis, ...)

III-3.1.3. Systèmes de gestion de l'eau et de tarification appliqués par les GDA

La gouvernance de l'eau d'irrigation repose sur des contrats de gérance, des contrats d'abonnement et un système de tarification accepté par les adhérents.

- ✓ **Tous les GDA concernés disposent d'un contrat de gérance²⁸, à l'exception de AB3 et de Chiab, dont les contrats ne sont pas actualisés.** Les contrats de AB3 et de Sidi Bouali sont anciens. Ceux de Dar Jamîya, Sisseb et Balaoum datent de 2019.
- ✓ **Tous les GDAs disposent de contrats d'abonnement²⁹, sauf celui de AB3 :**
- ✓ **Aucun GDA ne dispose de contrats de sous-traitance maintenance, de comptabilité, ou d'audit.**

Tableau 34 : Contrats de gérance et d'abonnement par GDA

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Contrats de gérance	Depuis 2008	Non	Depuis 2019	Depuis 2019	Depuis 2017	Non	Depuis 2006
Contrats d'abonnement	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Nature du contrat d'A	A vie		A vie + CCPS		A vie	A vie	A vie
Contrat d'Ab pour :	Propriétaires		Propriétaires - locataires			Prioritaires	Prop+locat

CCPS : Contrat complément par saison

Source : AGER (Fiches GDA 2022)

- ✓ **Le système de tarification appliqué par les PPIs se caractérise par :**
 - L'application par tous les GDA d'une tarification monôme, à l'exception de Sisseb et Dar Jamîya qui appliquent une tarification (binôme) ;
 - L'application d'une tarification volumétrique (au m³), en retenant le comptage à l'heure à AB3, Dar Jamîya et Sisseb;
 - L'application du mode de paiement à l'avance surtout à AB2, Dar Jamîya et Sisseb, et du mode post-payé dans les GDA de Sousse et AB 3.

Tableau 35 : Systèmes de tarification des GDA

	AB2	AB3	Dar Jamîya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Mode de tarification	Monôme	Monôme	Binôme	Binôme	Monôme	Monôme	Monôme
Type de tarification	Au m ³	Au m ³ et à l'heure	Au m ³ et à l'heure	Au m ³ et à l'heure	Au m ³	Au m ³	Au m ³
Prix d'achat de l'eau	65	65	65	65	105	105	105
Prix de vente de l'eau	120	133 /m3, 2,5D/h, 5D/	200	200	260	300	350
Facturation de l'eau	Prépayé	Post-payé	Prépayé	Prépayé	Post-payé	Post-payé	Post-payé

Source : AGER (Fiches GDA 2022)

III-3.1.4. Satisfaction des services rendus par les GDA

La satisfaction des services rendus par le GDA est relativement élevée, selon l'enquête exploitants, puisque 77% des exploitants enquêtés disent qu'ils sont satisfaits du service du GDA.

²⁸ Le contrat de gérance est une convention entre GDA et CRDA, valable un an et prolongé par tacite reconduction, qui fixe leurs responsabilités respectives pour l'exploitation et la maintenance du système hydraulique

²⁹ Un contrat d'abonnement est généralement établi entre le GDA et chaque abonné pour définir les conditions de desserte de l'eau et les engagements de chaque partie. Il organise la relation entre le GDA et l'utilisateur de l'eau en stipulant les droits et les obligations des deux parties

Les exploitants non satisfaits (23%) évoquent notamment les raisons suivantes : (i) les coupures et la distribution irrégulière de l'eau, (ii) la mauvaise gestion, la non application de la loi, et le favoritisme ; (iii) l'inadaptation des règles de répartition aux types de cultures pour la priorité d'irrigation.

Tableau 36 : Contrats de gérance et d'abonnement par GDA

	AB2	AB3	Dar Jamíya	Sisseb	Balaoum	Chiab	Sidi Bouali
Contrats de gérance	Depuis 2008	Non	Depuis 2019	Depuis 2019	Depuis 2017	Non	Depuis 2006
Contrats d'abonnement	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Nature du contrat d'A	A vie		A vie + CCPS		A vie	A vie	A vie
Contrat d'Ab pour :	Propriétaires		Propriétaires - locataires			Prioritaires	Prop+locat
Satisfaction / Services GDA							

CCPS : Contrat complément par saison

Source : AGER (Fiches GDA 2022)

III.3.2 Contraintes, vulnérabilités et formes d'adaptation

III-3.2.1. Contraintes et vulnérabilités

La gouvernance de l'eau par les GDA des PPIs retenus fait face à des contraintes exogènes qui dépassent leur champ d'intervention, et des contraintes endogènes sur lesquelles ils sont sensés agir, tout en notant l'existence de larges disparités des situations des GDA.

Des contraintes exogènes :

- Réduction de la disponibilité de l'eau d'irrigation, ce qui impacte négativement le chiffre d'affaires du GDA.
- Insuffisance et retard de l'information sur les quantités allouées. Le CRDA doit gérer les besoins des PPIs et les volumes alloués annuellement par la BPEH.
- Etat des infrastructures dans certains PPIs.
- Accentuation de l'urbanisation à cause du manque de l'eau.
- Non prise en compte par le CRDA des pertes de l'eau dans la facturation etc.

Des contraintes endogènes :

- Dans une situation de pénurie d'eau, le système sociotechnique des GDAs de Nebhana est sous l'emprise de plusieurs champs de forces. D'une part la pression des agriculteurs qui tentent de maximiser leur accès à l'eau et à avoir les garanties de continuité de la desserte, d'un autre coté le GDA qui veut vendre de l'eau mais n'a pas le contrôle sur la ressource.
- Un faible niveau d'adhésion des exploitants, affecté par la diversité des résultats et des stratégies suite à la raréfaction de l'eau ;
- Des difficultés relatives à maintenir un management efficace compte tenu de l'irrégularité de la disponibilité de l'eau (non actualisation des contrats, difficultés à payer le personnel, retards dans la tenue des AG, insuffisance de la maintenance, ...) ;
- Des difficultés financières dans la plupart des GDA, induites en général par la réduction du volume d'eau disponible, mais aussi le comportement des irrigants et/ou parfois l'inadéquation de la tarification ;
- Les phénomènes de conflits et de forages illicites,

III-3.2.2. Formes d'adaptation observées

L'appréciation générale apportée ci-dessus, ne devrait pas occulter la diversité des situations et la présence de cas de réussite relatives, comme par exemple le dynamisme relatif des GDA de Dar Jamîya et de Sidi Bouali

Les principales formes d'adaptation identifiées, qui relèvent du champ d'intervention des GDA :

- Une série de négociations en temps réel engagée chaque année pour sauver la saison ;
- L'adoption parfois de politiques spécifiques, comme par exemple le conditionnement de l'accès à l'eau d'irrigation par la disponibilité de matériel d'économie d'eau ;
- Souscription et rationnement de l'eau à l'avance dans les GDA de Sisseb et Dar Jamîya ;
- Des réunions de concertation avec les adhérents pour fixer le tarif et les tours d'eau ;
- Renforcement du contrôle et de la surveillance du réseau ;
- Diminution des salariés du GDA.

III.3.3 Analyse SWOT – Gouvernance de l'eau.

Tableau 37 : SWOT – Gouvernance de l'eau

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> + Réhabilitation récente de certains PPIs (AB1, AB2, AB2) ; + Agriculteurs expérimentés (AB1, AB2, AB2) ; + Taux d'encadrement important (AB1, AB2, AB2, et Directeur professionnel (Dar Jamîya, Sisseb ; Sidi Bouali) + Des GDA performants et engagés (Dar Jamîya, Sisseb, Sidi Bouali) avec une forte participation des bénéficiaires ; + Leadership et autorité traditionnelle forte du président (Dar Jamîya, Sisseb, Sidi Bouali) ; + Souscription à l'eau (Sisseb et dar Jamîya) ; + Organisation de la Maintenance préventive (Sidi Bouali) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Relations tendues entre le GDA et ses bénéficiaires (AB) - Faible participation à la gouvernance du GDA (AB), - Endettement vis-à-vis du CRDA (AB), - Sureffectif du personnel (AB), - Faible professionnalisation du personnel du GDA (AB), - Oligarchie au sein du GDA et faible rotation des membres du CA (Dar Jamîya, Sisseb) - Contrat de gérance peu utilisé, car étant mal mis à profit, il apparaît comme une lourdeur administrative supplémentaire.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> + Adoption de solutions résilientes et intelligentes (AB, Dar Jamîya, Sisseb) ; + Mobilisation d'un encadrement dans la gestion de la pénurie d'eau (AB, Dar Jamîya, Sisseb) ; + Développement de partenariats avec d'autres acteurs OPA, SMSA, banques, assurances, unités de transformation ; + Diversification des activités. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution des ressources en eau disponibles (AB Dar Jamîya, Sisseb) ; - Forages illicites (AB); - Vandalisme (AB) ; - Paupérisation des bénéficiaires (AB, Dar Jamîya, Sisseb) ; - Situations de conflits ; - Insuffisance des moyens humains et matériels à la disposition des structures chargées de l'accompagnement et du suivi des GDA au niveau des CRDA ; - Augmentation des restrictions par l'Etat ; - Crach des marchés.

Source : AGER 2022

III.4 Environnement socio-économique : Filières

La résilience des exploitations dans un contexte de changement climatique dépend aussi des perspectives de marché des produits cultivés, des revenus potentiels, des possibilités de création de valeur ajoutée, et des relations avec les autres intervenants ; bref de l'état de l'ensemble de la filière.

Cette section présente successivement les principales filières dans la zone du projet, à savoir celles relatives à l'olivier, à l'arboriculture fruitière (Abricots, Grenage, Agrumes), aux produits maraichers (Pomme de terre, Petit pois, Piment) et aux autres cultures (céréales, PAM, ...)

Pour chacune des filières l'accent est mis brièvement sur l'importance de la filière et les perspectives de marché, les maillons de la filière, les forces et potentialités et les faiblesses et défis (vulnérabilités)

La réflexion concerne aussi les possibilités d'introduction de nouvelles cultures (par exemple figuier, et séchage.), les contraintes et les besoins en appui.

III.4.1 Filière Olive à huile

L'oliveraie occupe une place importante dans l'agriculture tunisienne et dans les PPIs de la zone du projet. Les principales variétés cultivées sont surtout les Chemlali à Sousse et Oueslati à Kairouan, connues par leur qualité.

Cette culture joue un rôle important dans la région notamment à travers sa contribution à l'emploi, à l'amélioration des revenus des agriculteurs, aux exportations et la valorisation des terres marginales, considérées rustiques notamment vis-à-vis d'un manque d'eau.

De plus, cette filière bénéficie d'une place stratégique dans la politique agricole, ce qui pourrait être d'un grand appui aux agriculteurs du système Nebhana pour développer cette filière et bénéficier des compétences et savoirs faire existants.

Brève cartographie de la filière :

La production dans la zone du projet est assurée en général par des petites exploitations (parfois < à 0,5 ha) qui vendent directement leurs produits à des unités de trituration ou sur place à des intermédiaires. Le recours aux intermédiaires réduit les coûts de commercialisation pour les petits exploitants, mais il les soumet à la main mise de ces intermédiaires collecteurs (à Kairouan notamment).

La trituration se fait dans quelques unités à Kairouan et de nombreuses huileries installées à Sousse et dans la région du Sahel. Cette proximité relative contribue à l'amélioration de la qualité (organisation de la campagne, réduction des longues durées de stockage des olives et la détérioration de la qualité des huiles), à Sousse notamment. On note cependant, le manque d'huileries à Kairouan, comparativement à Sousse, et l'existence de problèmes de stockage dans les petites huileries dans le Sahel en général.

La transformation concerne surtout le conditionnement et quelques activités connexes. Les principales unités se trouvent dans le Sahel et travaillent en général pour l'exportation et disposent d'une bonne expérience.

La commercialisation des huiles d'olive Chemleli et Oueslati se fait sans difficultés particulières, à travers une diversité de canaux, directement par les huileries, les commerçants, les grandes surfaces et les exportateurs.

Forces et Opportunités :

Cette culture est en expansion dans la zone du projet, surtout en remplacement progressif des abricotiers. La production bénéficie de traditions ancestrales (à Sousse) et d'un avantage en termes de coût de la main d'œuvre (Kairouan), là où elle connaît une expansion relative. Elle n'a aucune difficulté à être vendue en saison normale et le patrimoine variétal offrant des possibilités de valorisation sous différentes formes : DOP, IGP. La production est exportable.

On note aussi les possibilités : (i) de stabilisation de la production par de meilleures pratiques agronomiques et l'irrigation, (ii) de diffusion des meilleures pratiques agronomiques, (iii) d'irrigation notamment aux eaux usées traitées (noire et grise), (iv) de valorisation des produits de l'olivier (bois de taille, grignon, margine, ..) encore relativement sous-valorisés sur place. Les opportunités sont liées notamment à la dynamique du marché mondial et national (accroissement de la demande européenne et au niveau des marchés émergents, augmentation de la consommation locale).

Faiblesses et menaces

Cette culture se heurte cependant à certaines contraintes liées notamment : (i) à la forte fluctuation de la production, induite par le phénomène d'alternance biologique de l'olivier et les conditions climatiques extrêmement aléatoires, (ii) aux faibles rendements à Kairouan, par rapport à la moyenne nationale, notamment dans les petites et moyennes exploitations à faible densité, (iii) aux retards dans le niveau technique (conduite culturale, acquis de la recherche, services de vulgarisation et conseil, post-récolte.), et (iv) au manque d'organisation des acteurs, notamment les petits exploitants (Kairouan), (v) aux problèmes de margine et faible valorisation des résidus (Kairouan), (v) à l'aggravation des contraintes climatiques (sécheresse, gelée, grêle...) et la baisse des ressources hydrauliques, et (vii) à l'aggravation des retards en matière de productivité par rapport à ce qui se fait ailleurs.

Tableau 38 : SWOT – Filière Olivier

Forces	Faiblesses
Culture en expansion et marché porteur ; Produits de qualité facilité de commercialisation ; Présence d'acteurs dans les différents maillons, disposant d'une expérience non négligeable ; Produits compétitifs ;	Faibles rendements et fluctuation de la production ; Retard technique dans la production, la trituration et la transformation ; Faible organisation des acteurs (petits exploitants) ; Nouvelles variétés introduites consommatrices d'eau ;
Opportunités	Menaces
Possibilité d'amélioration des pratiques techniques ; Possibilité d'utilisation de l'eau traitée (noir et grise) ; Possibilités de valorisation des sous-produits (bois de taille, margine,).	Aggravation des contraintes climatiques ; Retard technologique croissant par rapport à la concurrence ; Impact de la margine sur l'environnement.

III.4.2 Filières arboricoles fruitières

Les principales cultures fruitières présentes dans la zone du projet sont le grenadier, l'abricotier et les agrumes. Ces cultures sont présentes surtout dans les PPIs de Kairouan.

La production se distingue par la variété Omar El Euch et Canino pour l'abricot, et les variétés précoces pour les agrumes.

Brève cartographie de la filière :

La production est assurée en général par des petites exploitations qui vendent directement leurs produits sur les marchés de gros de Bir El Kassâa et de Sousse (Abricots et agrumes), aux grossistes dans la région du Cap Bon (Agrumes), ou à travers des intermédiaires qui viennent s’approvisionner sur place. Des quantités limitées sont vendues aux unités de transformation, correspondant aux écarts de triage (le cas des abricots). L’essentiel des ventes se fait sur le marché local (abricot, agrumes, grenadiers). Les grenades sont vendues en gros à des commerçants, unité de conservation frigorifique, exportateurs formels et informels).

Le conditionnement des produits des produits en question est peu développé. L’abricot suit en général un circuit court, vue sa faible durée de conservation et l’absence de capacité frigorifique de stockage de court terme. Les agrumes sont précoces, donc valorisés en frais. Le passage des grenades par les unités de conditionnement n’a pas été mentionné lors de nos entretiens, mais il est possible.

La transformation concerne uniquement l’écart de triage des abricots et porte sur de faibles quantités, vue les faibles prix et la tendance à l’arrachage des arbres.

La commercialisation de ces fruits en frais se fait en général, selon le produit, à travers les marchés de gros ou les circuits informels ou directement à commerçants, des transformateurs et/ou des exportateurs. Elle est facile compte tenu de la demande locale et à l’export, surtout si la qualité est bonne.

Forces et Opportunités :

Les produits de ces cultures connaissent une demande croissante sur le marché national et international ; bénéficient d’un microclimat en principe favorable à la production (abricots, agrumes, grenadiers), de l’utilisation d’une main d’œuvre saisonnière importante (abricot), et d’un avantage de précocité pour les agrumes. On note aussi comme opportunités, l’existence de variétés résilientes (abricot, grenade,) et le potentiel de valorisation.

Faiblesses et menaces

Cette culture se heurte cependant à certaines contraintes liées notamment : (i) la périssabilité du produit (abricot), (ii) le manque de conseil vulgarisation (les trois produits), (iii) la raréfaction de l’eau surtout pour l’abricot, et (iv) les risques de propagation des maladies.

Tableau 39 : SWOT – Filières arboricoles

Forces	Faiblesses
Microclimat favorable actuellement Avantage de précocité Existence de variétés résilientes Produits compétitifs	Faibles rendements Produits périssables (abricot) Manque de conseil - vulgarisation Faible organisation des acteurs (petits exploitants)
Opportunités	Menaces
Forte demande sur les marchés local et international Potentiel de valorisation	Aggravation des contraintes climatiques et risques de propagation des maladies Raréfaction de l’eau (surtout pour l’abricot)

III.4.3 Filières maraichères

Les principales cultures maraichères présentes dans la zone du projet sont le petit-pois et le piment rouge à Sbikha, et la pomme de terre Sousse. Ces cultures sont orientées vers la satisfaction des besoins du marché local.

Le petit pois, cultivé en intercalaire avec l'olivier, connaît un développement important. Le piment est cultivé sur une superficie de 75 ha avec une production moyenne de l'ordre 15 tonnes/ha. La pomme de terre, culture stratégique pour l'autosuffisance dans le pays, est bien implantée dans le Sahel connue traditionnellement pour son potentiel de production. Les cultures sous serres pour la production en hors saison, sont relativement plus développées à Sousse, où les exploitants tentent de faire face à la raréfaction des ressources en eaux et à la salinisation croissante des terres, par des investissements dans l'installation de serres. Ce phénomène, qui commence à être observé aussi dans le PPI Sisseb, constitue en soi une forme d'adaptation aux changements climatiques ressentis.

Brève cartographie de la filière :

La production est assurée en général par des petites exploitations qui produisent en plein champ sur des superficies, souvent inférieures à un ha (pomme de terre, Piment), en intercalaire entre les pieds d'olivier (Petit pois) ou en sous serre (Tomate). Les exploitants vendent directement leurs produits sur les marchés de gros de Bir El Kassâa et de Hammam Sousse, aux commerçants, à des unités de séchage ou à des intermédiaires. Pour le piment, la vente se fait en général dans des Menchers à Sisseb et Dar Jamîya à des intermédiaires qui revendent les produits frais à des unités de transformation et les produits séchés à des unités de conditionnement (emballage). Les petits pois sont vendus dans des plateformes locales de commercialisation et d'écoulement, où les commerçants et clients viennent de tout bord pour s'approvisionner sur place.

Le conditionnement – séchage : Les produits maraichers cultivés, autres que la pomme de terre, ne sont pas concernés par le conditionnement frigorifique. On note, par contre, la forte présence de l'activité de séchage de piment qui est une activité traditionnelle ancestrale, bien déployée dans la région.

La transformation : Cette activité concerne principalement le piment et la tomate de saison. Elle est effectuée par de grandes unités industrielles de transformation implantées surtout dans le Sahel et le Cap Bon, et qui s'approvisionnent à travers un large réseau d'intermédiaires. On note aussi la présence de nombreuses unités artisanales de séchage et de production de l'Harissa et de la tomate séchée.

La commercialisation : Cette activité est assurée via plusieurs canaux, dont notamment le commerce de gros et de détails et les circuits informels. Elle est appuyée par la présence de plateformes locales de commercialisation.

Forces et opportunités :

Les produits maraichers développés dans la zone du projet bénéficient de nombreux atouts : (i) importance dans la consommation (Pomme de terre, Tomate et Piment), (ii) produits soutenus par les agriculteurs (Piment non périssable) et traditions ancestrales (pomme de terre à Sousse) ; (iv) expériences d'appui de la coopération Suisse et Allemande (la GIZ) (Piment), (v) rôle dans l'emploi et la création de la valeur ajoutée (Piment), (vi) perspectives d'organisation des agriculteurs, de valorisation artisanale et la diversification des techniques de séchage du produit. (Piment), et (vii) demande non saturée ni sur le marché local ni pour l'exportation (Piment, pomme de terre).

Faiblesses et menaces

Les cultures maraichères se heurtent cependant aux principales contraintes suivantes : (i) raréfaction de l'eau d'irrigation ; (ii) activités consommatrices d'eau (Piment) ; (iii) manque de conseil vulgarisation ; (iv) risques de maladies des plantes (maladies et parasites des plantes (tuta absoluta pour les Tomates et mouche blanches pour le piment, envahissement des parcelles par l'adventice « épine jaune », difficulté d'identification des maladies et des produits de traitements) ; (v) déstabilisation du système d'entreposage frigorifiques (pour la pomme de terre).

Tableau 40 : SWOT – Filières maraichères

Forces	Faiblesses
Demande locale importante et stratégique Produits soutenus par les exploitants (Piment, Pomme de terre) Plateformes locales de commercialisation présentes Existence de variétés résilientes	Faibles rendements Produits périssables Manque de conseil - vulgarisation Faible organisation des acteurs (petits exploitants)
Opportunités	Menaces
Forte demande sur les marchés local et international Potentiel de valorisation (Piment séché, moulu, harissa, ..) Potentiel de développement des cultures sous serre	Aggravation des contraintes climatiques et risques de propagation des maladies Raréfaction de l'eau Déstabilisation du système d'entreposage frigorifique

III.4.4 Autres filières potentielles

Le choix des spéculations par les exploitants dans les PPI est fortement influencé par plusieurs facteurs notamment : (i) la politique de l'Etat qui peut favoriser par différentes mesures, telles ou telles spéculations pour répondre aux besoins du pays et/ou pour contribuer aux exportations, (ii) le cout de l'eau et des autres intrants, et (iii) les contraintes à la valorisation et la commercialisation la commercialisation des produits.

La céréaliculture est relativement peu développée dans la région. Mais l'augmentation récente des prix des céréales pourrait inciter les exploitants à s'adonner davantage à cette production, bénéficiant d'une filière bien établie. Il y va de même des cultures fourragères qui assistent actuellement à une hausse des prix.

L'amandier peut être également développé davantage, compte tenu de sa faible consommation en eau, de la résilience de l'arbre face à une pénurie d'eau, et de la hausse des prix sur le marché.

Les exploitants sont en train de développer les cultures de l'haricot vert et du pois chiche en s'adaptant à la disponibilité de l'eau et en écoutant les signaux du marché.

Il convient aussi d'étudier l'opportunité de l'introduction du figuier qui se présente comme un arbre rustique peu consommateur d'eau et qui fournit un produit à valeur ajoutée, une fois passé par le séchage.

IV SELECTION ET DIAGNOSTIC DES PPI PILOTES.

IV.1 Sélection des PPIs pilotes

Dans le cadre de l'avancement de la mission, un atelier national a été organisé le 02/02/2023³⁰ en vue de : (i) restituer les résultats préliminaires (Enquête Exploitants, Diagnostic global, Entretiens GDA), (ii) collecter des informations complémentaires et (iii) sélectionner deux PPIs pilotes, susceptibles de bénéficier de l'appui du projet ICAPT (un à Kairouan, l'autre à Sousse).

Le processus de sélection lors de l'atelier a été mené selon une approche participative, structurée en cinq étapes : (i) répartition des participants en quatre sous-groupes thématiques; (ii) présentation des indicateurs proposés par les experts ; (iii) discussion et définition de manière participative des critères de choix de des PPI pilote ; (iv) hiérarchisation des critères proposés et sélection de 10 critères (en plénière) ; et (iii) notations des PPIs par les participants (groupes régionaux).

Le tableau suivant récapitule les critères retenus et les résultats de la notation.

Pour les PPIs de Kairouan :

Critères	Votes	Pondérations	AIN BOUMOURRA 2		AIN BOUMOURRA 3		DAR JAMIAA		SISSEB	
			Note	Score	Note	Score	Note	Score	Note	Score
1 Performance et gouvernance des GDA	64	23%	2	0,460	3,000	0,691	5,000	1,151	5,000	1,151
2 Cultures peu consommatrices d'eau	38	14%	3	0,410	3,000	0,410	2,000	0,273	2,000	0,273
3 Etat des infrastructures hydrauliques	28	10%	4	0,403	4,000	0,403	3,000	0,302	4,000	0,403
4 Nombre d'adhérents	28	10%	5	0,504	4,000	0,403	4,000	0,403	2,000	0,201
5 Taux d'équipement en Economie d'eau	25	9%	1	0,090	1,000	0,090	5,000	0,450	5,000	0,450
6 Productivité de l'eau	23	8%	4	0,331	3,000	0,248	3,000	0,248	4,000	0,331
7 Présence d'un Leader	20	7%	1	0,072	1,000	0,072	5,000	0,360	4,000	0,288
8 Existence de pratiques innovantes	19	7%	1	0,068	1,000	0,068	4,000	0,273	4,000	0,273
9 Effort d'adaptation au manque d'eau	19	7%	2	0,137	2,000	0,137	2,000	0,137	2,000	0,137
10 Acceptation des technologies innovantes	14	5%	2	0,101	2,000	0,101	2,000	0,101	2,000	0,101
	278	100%		2,576		2,622		3,698		3,608

Pour les PPIs de Sousse :

Critères	Pondérations		BALAOUM		CHIAB		SIDI BOUALI	
	Note	Score	Note	Score	Note	Score	Note	Score
1 Performance et gouvernance des GDA	64	23%	4	0,921	5	1,151	4	0,921
2 Cultures peu consommatrices d'eau	38	14%	4	0,547	4	0,547	5	0,683
3 Etat des infrastructures hydrauliques	28	10%	5	0,504	5	0,504	5	0,504
4 Nombre d'adhérents	28	10%	3	0,302	5	0,504	4	0,403
5 Taux d'équipement en Economie d'eau	25	9%	3	0,270	4	0,360	5	0,450
6 Productivité de l'eau	23	8%	4	0,331	3	0,248	5	0,414
7 Présence d'un Leader	20	7%	4	0,288	3	0,216	5	0,360
8 Existence de pratiques innovantes	19	7%	4	0,273	3	0,205	5	0,342
9 Effort d'adaptation au manque d'eau	19	7%	3	0,205	3	0,205	5	0,342
10 Acceptation des technologies innovantes	14	5%	4	0,201	4	0,201	4	0,201
Totaux	278	100%		3,8		4,1		4,6

Comme le montre ce deux tableaux, les PPIs retenus sont pour Sousse, celui de Sidi Bouali, et pour Kairouan, les PPIs Dar Jamîya et Sisseb. Ces deux PPIs ont été retenus, compte tenu de la proximité des notes obtenues, de la proximité géographique (PPIs limitrophes) et le fait qu'ils sont gérés par le même GDA.

³⁰ L'atelier a rassemblé 60 personnes, représentants de l'administration centrale, régionale et locale ainsi que des représentants des GDA

Ces 03 PPIs ont fait l'objet par la suite d'un diagnostic spécifique de la conduite de l'irrigation à la parcelle.

IV.2 Conduite de l'irrigation à la parcelle

La conduite de l'irrigation à la parcelle a été analysée suite à des déplacements de terrain durant 05 journées, auprès de cinq exploitations, dont 03 dans le PPI Sidi Bouali et 02 dans le PPI Sisseb et Dar Jamîya.

Le choix des exploitations a été effectué en collaboration avec les directeurs techniques des GDA, selon l'irrigant du jour de déplacement, le plus représentatif des exploitants du PPI.

La mission a été effectuée par :

- Accompagnement de l'exploitant (et entretien) alors qu'il fait l'irrigation de sa parcelle (durée de 4 à 6 heures) ;
- Observation du comportement de l'exploitant lors de l'irrigation ;
- Levée de l'emblavure du sol ;
- Levée de l'équipement d'irrigation à la parcelle et sa fonctionnalité ;
- Quelques mesures pour évaluer l'uniformité et le degré des pertes au cours de la distribution de l'eau d'irrigation.

Le diagnostic a permis de relever des observations et des appréciations concernant notamment : (i) le service de l'eau d'irrigation, (ii) les taux d'exploitation et d'intensification, (iii) l'efficacité et la performance des infrastructures hydrauliques à la parcelle, et (iv) la consommation en eau les doses appliquées.

IV.2.1 Service de l'eau d'irrigation

L'analyse du service de l'eau d'irrigation a fait ressortir que :

- ✓ La seule ressource en eau d'irrigation est les eaux du barrage Nebhana, avec une possibilité de recours aux eaux des puits de surface pour les exploitants rencontrés à Sidi Bouali ;
- ✓ Les compteurs des exploitations de Sidi Bouali sont tous dans un bon état, alors que pour les PPIs Sisseb1 et Dar Jamîya sont tous en pannes depuis longtemps ;
- ✓ La méthode de comptage à l'heure équivalant à 25 m³/h, adoptée par le GDA Dar Jamîya et Sisseb1 n'est pas fiable ;
- ✓ Les volumes distribués dans une heure d'irrigation selon les levés des compteurs, varient de 28 à 40 m³/h pour les exploitations de Sidi Bouali et sont de l'ordre de 25 m³/h, selon les déclarations du GDA Dar Jamîya, un niveau que nous considérons non réaliste.
- ✓ Le tour d'eau est régulier et il est de 1 à 4 heures par semaine avec une très faible flexibilité de réparation au cours de la semaine dans les PPIs de Kairouan,
- ✓ La présence d'une variation de débits et de pression sur la même campagne et même dans le même tour d'irrigation, dans le PPI Sisseb1 et Dar Jamîya, ce qui engendre :
 - L'impossibilité de définir une unité d'irrigation ;
 - L'obligation des exploitants à ne pas quitter leurs exploitations pendant chaque tour d'irrigation ;
 - La nécessité de surveillance continue de la pression dans les rampes ;
 - Le recours à des mini-vannes à l'entrée de chaque rampe pour corriger la situation ;
 - Une pénibilité accrue de l'irrigation ;

- Un cout supplémentaire de main d'œuvre et d'équipement ;
 - Des fuites importantes d'eau d'irrigation.
- ✓ La présence des éléments solides colorés en suspension dans l'eau d'irrigation a fortement impacté l'irrigation ;
 - ✓ Le manque de filtration a fait que la durée de vie des gaines jetables, ne dépasse pas une compagne. Et même au milieu de la compagne, ces gaines deviennent défilantes à cause du colmatage essentiellement à Sisseb et Dar Jamîya ;
 - ✓ L'impact de l'absence de filtration est moins critique à Sidi Bouali, vue la présence d'un bassin de stockage qui favorise la décantation, des tamis de filtration au niveau GDA, des bassins au niveau des parcelles et des stations de tête pour filtration. Cela est totalement absent pour les PPI Sisseb 1 et Dar Jamîya.

IV.2.2 Taux d'exploitation et taux d'intensification

Les résultats des calculs du taux d'exploitation et du taux d'intensification pour les différentes exploitations diagnostiquées, sont résumés comme suit :

Au PPI Sidi Bouali :

- Le taux d'exploitation des parcelles varie de 30% à 90%, bien que la surface équipée soit presque la même, entre 2.5 ha et 3 ha.
- Le taux d'intensification varie de 60% à 233%. Cette variation est expliquée essentiellement par laprésence ou non d'oliviers dans la parcelle.

Aux PPIs Sisseb 1 et Dar Jamîya :

- Le taux d'exploitation est de 30% à 35%, bien que la surface équipée soit la même.
- Le taux d'intensification est de 200% pour toutes les exploitations. Cela est justifié par l'intensification des oliviers par les cultures maraichères.

Les principaux constats :

- Le taux d'exploitation est à sa capacité maximale selon les ressources en eau disponibles dans lesdeux PPIs ;
- Le taux d'intensification est presque le même pour tous les exploitants, si on néglige la présence des oliviers.
- Les exploitants de Sidi Bouali pratiquent la diversification des cultures plus que les exploitants de Sisseb, grâce à la souplesse de la direction du GDA Sidi Bouali dans la fourniture de l'eau d'irrigation aux exploitants, ainsi qu'à la présence des compteurs fonctionnels pour l'enregistrement des consommations et des bassins de stockage de l'eau d'irrigation qui jouent un rôle très important.

Tableau 41: Taux d'exploitation et d'intensification à la parcelle

PPI	Sidi Bouali					Dar Jamîya et Sisseb 1			
	1	2	3	1	2	1	2	1	2
Identifiant de exploitation	1	2	3	1	2	1	2	1	2
Année	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Surface total de l'exploitation (ha)	3.33	2.5	10	0.6	2				
Total surface équipée (ha)	3	2.5	2.5	3	3	0.6	0.6	0.7	0.7
Total surface cultivée (ha)	7	2	1.5	6	6	1.2	1.2	1.4	1.4
Taux d'exploitation	90%	100%	100%	30%	30%	30%	30%	35%	35%
Taux d'intensification	233%	80%	60%	200%	200%	200%	200%	200%	200%

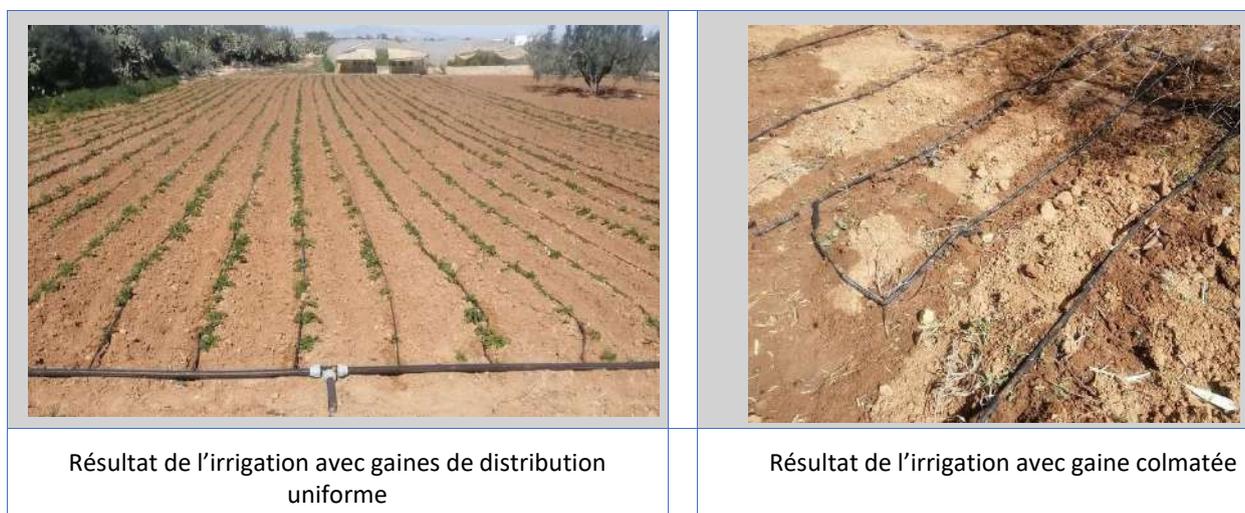
Source : AGER, 2023

IV.2.3 Efficience et performance des infrastructures hydrauliques à la parcelle

Les principaux constats relatifs à l'état l'infrastructure hydraulique à la parcelle, dans les exploitations diagnostiquées, peuvent être résumés comme suit :

- L'irrigation est effectuée à 100% par goutte-à-goutte ;
- Une seule exploitation dispose d'un bassin de stockage d'eau d'irrigation, dont la fonction principale est de sauvegarder la moitié du quota pour faire l'irrigation selon les besoins des plantations et la disponibilité de l'exploitant.
- Une seule exploitation est équipée par les filtres d'eau d'irrigation et par les manomètres de suivi de colmatage des filtres, ce qui explique l'uniformité de distribution de l'eau d'irrigation et l'homogénéité de développement des plantations même dans les limites de partie irriguée ;
- Toutes les exploitations sont équipées par des injecteurs d'engrais raccordés à leurs réseaux hydrauliques ;
- Présence de plusieurs défauts de conceptions et de mise en place des conduites principales, les portes rampes et la longueur des rampes ;
- Présence de fuites importantes d'eau d'irrigation, dans la majorité des exploitations, sauf pour l'exploitation N°1 où les fuites sont presque absentes ;
- Les mesures effectuées ont bien montré que l'irrigation est hors norme de point de vue uniformité dans toutes les exploitations diagnostiquées, sauf pour la première. Cela est due essentiellement au colmatage des goutteurs et à la présence des défauts de conception, à cause d'un manque de savoir-faire.

En s'appuyant sur les mesures de l'uniformité de distribution des goutteurs réalisées et les observations du terrain, on estime que l'efficience de réseau hydraulique dans les exploitations de Sisseb et Dar Jamiya varie entre 50% et 70%, et pour les exploitations de PPI Sidi Bouali, elle varie entre 70% et 95 % ;



IV.2.4 Consommation en eau d'irrigation et doses appliquées

Les principaux constats en relation avec la consommation en eau d'irrigation et la dose appliquée par les exploitants, sont les suivants :

- Les volumes disponibles pour les cultures hivernales et précoces, les volumes distribués pour un hectare cultivé varient de 1400 m³/ha à 3000 m³/ha ;
- Les volumes disponibles pour les cultures de saison, les volumes distribués pour un hectare cultivé varient de 4500 m³/ha à 11300 m³/ha ;
- Pour les cultures sous serres, les volumes distribués sont de l'ordre de 650 m³/serre.

S'agissant des doses appliquées, on remarque que :

- La dose appliquée pour le piment de saison (11300 m³/ha) est au-delà de la norme connue de la région, qui est de 7000 à 8000 m³/ha, ce qui peut être justifié par la faible efficacité du réseau d'irrigation à la parcelle et la manque d'information sur les besoins réels des plantes cultivées ;
- Pour les doses des autres cultures, on voit qu'elles peuvent être améliorées par la mise à niveau du système d'irrigation à la parcelle, ce qui va permettre de gagner plus 20 % d'eau d'irrigation.

IV.3 Diagnostic des PPIs Dar Jamîya et Sisseb (Kairouan)

IV.3.1 Données générales

Le PPI Dar Jamîya est créé en 2002 et non encore réhabilité. Il est situé à Sbikha sur une superficie 200 ha, regroupant 137 bénéficiaires, soit 1,46 ha/exploitant. L'eau provient du barrage de Nebhana avec un débit des équipements de 50 l/s à l'entrée du PPI.

Le PPI Sisseb est un petit PPI, qui a été décrété en 1986. Il est situé au Nord-Est de la zone d'étude et au niveau de la localité d'Aouitha de la délégation de Sbikha. Sa superficie initiale de 70 ha (118 en 2015), regroupe 38 bénéficiaires (58 actuellement), soit une superficie de 2 ha/exploitant. L'eau provient du barrage de Nebhana en mode gravitaire.

Pour ces deux PPIs, les besoins en eau sont estimés initialement à 0,613 Mm³/an et 3066 m³/ha/an.

Mise en valeur agricole : Les sols des PPIs de Dar Jamîya et Sisseb sont affectés principalement aux cultures maraichères (Piment, petit pois, fève, ...) et à l'arboriculture (Olive à huile,).

La production animale se limite à l'élevage ovin, d'ailleurs non intégré dans les PPIs. La propriété est le seul mode de faire-valoir observé.

IV.3.2 Systèmes d'irrigation, de culture et de gouvernance de l'eau d'irrigation

Les principales observations faites sur le terrain et collectées auprès des partenaires lors de l'atelier régional³¹, sont résumées dans le tableau suivant :

L'ateliers régional a été l'occasion pour identifier les points forts et points faibles, relatifs au système d'irrigation, au système de culture, à la gouvernance de l'eau et aux filières.

Les points soulignés par les participants sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Système d'irrigation

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Obligation de l'équipement avec le matériel d'économie d'eau ; • Vannes en bon état ; • Absence du vol d'eau ou de vandalisme du réseau du GDA ; • Présence d'une archive de vente de l'eau ; • Limitation annuelle des surfaces irrigables selon la disponibilité des ressources ; • Présence d'une expérience chez les exploitants sur l'irrigation de piment de saison, petit pois et fève. • Expérience du GDA avec les programmes d'appui technique ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Quotas d'eau d'irrigation insuffisants par rapport aux besoins des PPI ; • Manque de flexibilité au niveau de la programmation des quotas des exploitants ; • Présence des éléments solides en suspension dans l'eau d'irrigation ; • Manque de filtration ; • Manque de connaissance sur le pilotage de l'irrigation à la parcelle ; • Difficultés de gestion de l'eau à la parcelle ; • Faible efficacité à la parcelle ; • Majorité des compteurs (environ 90%) en panne ; • Manque de visibilité sur la durabilité des ressources actuelles ; • Manque de bassins de stockage d'eau d'irrigation à la parcelle ; • Manque de savoir-faire dans la conception des systèmes hydrauliques sous pression à la parcelle ; • Manque d'information sur les besoins des cultures ; • Nécessité d'un projet de réhabilitation des infrastructures hydrauliques PPI ;

Système de culture

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Les GDA de Dar Jamîya et Sisseb sont organisés sur le plan administratif et financier ; • Existence d'une bonne confiance entre le CRDA et le GDA ; • Conscience des agriculteurs de l'importance de la pratique l'assolement des cultures (83% à Sisseb et 64% à Dar Jamîya) ; • Equipement de la majorité des superficies des PPI en matériel d'économie de l'eau (91% à Dar Jamîya et 100% à Sisseb selon l'enquête) ; • Bonne rentabilité des activités malgré l'insuffisance 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de savoir-faire dans les mesures d'adaptation aux changements climatiques ; • Insuffisance de l'information sur les causes des CC ; • Manque en formation, accompagnement et conseil ; • Insuffisance de la pratique de l'assolement des cultures ; • Détérioration de la qualité du sol ; • Difficulté d'identification des maladies et des produits de traitements ; • Envahissement des terres par les plantes parasites orobanche et épine jaune

³¹ Atelier régional tenu le 15/3/2023 à Kairouan a regroupé des représentants du CRDA et du GDA de Dar Jamîya et Sisseb (Président, DT et agriculteurs)

<ul style="list-style-type: none"> de l'eau d'irrigation ; Recul des cultures consommatrices de l'eau : Tomates et pastèques ; Développement des cultures moins consommatrices de l'eau : olivier, Volonté des exploitants pour participer au projet Expérience des GDAs dans la collaboration avec les bailleurs de fonds. 	<ul style="list-style-type: none"> Insuffisance de l'eau ; Manque d'information sur le besoin des plantes en eau ; Pratiques d'irrigation non économes ; Absence des pratiques d'adaptation aux CC et de la technique de pilotage d'irrigation.
--	---

Gouvernance de l'eau d'irrigation

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> Comité GDA et direction technique solide ; Bon niveau d'engagement du GDA ; Forte participation des bénéficiaires (Leadership et autorité traditionnelle forte du président ; Bonne situation financière ; Forte satisfaction des services rendus ; Bonne confiance entre le CRDA et le GDA ; GDA organisé sur les plans administratif et financier ; Expérience du GDAs dans la collaboration avec bailleurs de fonds. 	<ul style="list-style-type: none"> Profil de Leadership oligarchique ; Manque des moyens Recettes du GDA tributaire des volumes d'eau vendus : Activité unique Situation financière précaire

Environnement socioéconomique : Les filières

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> Certaines cultures font partie des traditions (Piment maintenu, même s'il y a manque d'eau) ; Disponibilité de la main d'œuvre avec un moindre coût par rapport aux autres régions ; Cultures d'abricots et des grenadiers, moins consommatrices d'eau par rapport aux cultures maraîchères d'été et s'adaptent mieux aux CC ; Possibilité de créer des espèces locales pour certains produits et des certificats biologiques Produits à valeur ajoutée et marché porteur (Grenade et Abricot) ; Valorisation des produits par la conservation ; Disponibilité d'espèces de piment (locales) qui s'adaptent aux CC et au stress hydrique et qui peuvent être valorisés par le séchage. 	<ul style="list-style-type: none"> Nappe surexploitée ; Faiblesse de la culture des oliviers (Sahli) (coûts de production élevé et faible productivité); Baisse et instabilité de la production d'une année à l'autre, suite à l'insuffisance de l'eau et des moyens de conservation Faible productivité, manque de vulgarisation Baisse des rendements suite à la faible intensification des cultures ; Difficulté de trouver des financements ; Problème de stockage (surtout la pomme de terre) ; Difficulté de trouver des marchés intéressants pour écouler le produit en particulier l'abricot ; Difficulté de cultiver les produits maraîchers (en particulier le piment) entre les oliviers (écartement de 10 m) ; Risque et augmentation des prix, non partagés entre les agriculteurs et les opérateurs (problème d'agriculture contractuelle).

IV.3.3 Vulnérabilités, perception et adaptations des changements climatiques

Principales vulnérabilités

- ✓ Faible qualité de l'eau d'irrigation,
- ✓ L'instabilité du système et le caractère assez long du tour d'eau, n'encouragent pas l'investissement dans l'économie de l'eau et l'irrigation goutte-à-goutte

Perception des changements climatiques et mesures de résilience

- ✓ Constats et conscience des CC.
- ✓ Connaissance moyenne des causes des CC,
- ✓ Mesures de résilience déclarées : la réduction des superficies, l'utilisation des techniques d'économie d'eau, autres sources d'eau, et autres (irrigation la nuit dans le passé, changement de la date de semis).

Formes d'adaptation observées :

- ✓ Prédominance des attitudes passives : Arrachage, abandons, et réduction des superficies,
- ✓ Quelques reconversions vers les cultures sous serre notamment, à Sisseb
- ✓ Techniques d'économie d'eau, autres sources d'eau, et autres (irrigation la nuit, changement de la date de semis).

IV.3.4 Principaux problèmes identifiés

Système d'irrigation

- ✓ Présence d'éléments solides en suspension dans l'eau d'irrigation ;
- ✓ Manque d'information sur le pilotage de l'irrigation à la parcelle ;
- ✓ Difficultés de gestion de l'eau à la parcelle ;
- ✓ Quotas d'eau d'irrigation insuffisants par rapport aux besoins des PPI.

Système de culture :

- ✓ Faible valorisation des produits ;
- ✓ Insuffisance de la vulgarisation et de l'accompagnement.

Filières

- ✓ Insuffisances dans le fonctionnement des chaînes de valeur ;
- ✓ Insuffisance de la formation et la vulgarisation.

IV.4 Diagnostic du PPI Sidi Bouali (Sousse)

IV.4.1 Données générales

Le PPI de Sidi Bou Ali, créé en 1973, s'étend à proximité de l'agglomération du même nom et est situé en bordure de la route GP 1 à 15 km environ au NO de Sousse. De forme assez compacte., sa superficie de 952 ha est répartie entre 571 exploitants.

L'alimentation du PPI est assurée gravitairement, à partir du Barrage de Nebhana, avec un débit au piquage CRDA de 360 l/s. vers un bassin de stockage et de régulation de pression, ensuite par le biais d'une conduite principale en AC600, vers trois chambres de sectionnement : Zone 1, Zone 2 et Zone 3.

Sources d'eau : Alimentation à partir des points d'eau souterraine privés (70% des exploitations à l'intérieur du PPI). Quant aux besoins en eau, ils sont estimés à 3,900 Mm³/an et 4097 m³/ha/an. Les puits de surface assistent à un tarissement et une tendance à la salinisation.

Bassins : On note aussi la présence de : (i) un bassin de stockage des eaux de Nebhana ; (ii) une station de tête pour la filtration ; et (iii) 120 bassins de stockage d'eau, d'une capacité individuelle variant de 50 m³ jusqu'à 500 m³.

IV.4.2 Systèmes d'irrigation, de culture et de gouvernance de l'eau d'irrigation

Les principales observations faites sur le terrain et collectées auprès des partenaires lors de l'atelier régional³², sont résumées dans le tableau suivant :

L'atelier régional a été l'occasion pour identifier les points forts et points faibles, relatifs au système d'irrigation, au système de culture, à la gouvernance de l'eau et aux filières.

Les points soulignés par les participants sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Système d'irrigation

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Réseau hydraulique fonctionnel, bien qu'il soit depuis 1972 sans aucun projet de réhabilitation ; • Compteurs fonctionnent à 100% • Pression et débit quasiment stable ce qui facilite le pilotage de l'irrigation ; • Présence d'un programme régulier d'entretien préventif et interversion de maintenance à l'immédiat ; • Absence du vol d'eau ou de vandalisme du réseau du GDA ; • Paiement de l'eau se fait à l'avance ; • Présence d'une archive de vente de l'eau ; • De nombreuses exploitations équipées par des bassins de stockage d'eau permettant aussi la décantation de l'eau d'irrigation ; • Présence des puits de surface pour l'irrigation de complément 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de sources alternatives pour l'irrigation • Retard de déclaration des quotas en irrigation alloués au PPI • Manque de visibilité sur la durabilité des ressources actuelles
	<ul style="list-style-type: none"> • Présence des éléments solide en suspension dans l'eau d'irrigation • Manque de filtration • Manque de connaissances sur le pilotage d'irrigation
	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'électrification pour les pompes • Faible efficacité de l'eau à la parcelle • Faible uniformité d'irrigation dans certaines exploitations • Vandalisme des équipements d'économie d'eau des exploitants ; • Manque de réhabilitation des infrastructures hydrauliques PPI
	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de connaissance sur les besoins en eau d'irrigation ; • Manque de connaissance sur conception d'un réseau d'irrigation efficient à la parcelle ;

³² Atelier régional tenu le 16/3/2023 à Sousse a regroupé des représentants du CRDA et du GDA Sidi Bouali (Président, DT et agriculteurs)

Systeme de culture

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Conscience des agriculteurs des CC • Maitrise des itinéraires de production des cultures « de tradition » • Équipement des superficies en matériel d'économie d'eau • Expériences des exploitants dans les cultures sous serres. • Bonne rentabilité malgré l'insuffisance de l'eau d'irrigation • Existence d'exploitants jeunes et motivés • Existence d'une SMSA au niveau de PPI • Une bonne qualité du sol (hamri) 	<ul style="list-style-type: none"> • Insuffisance de l'eau ; • Rendements en baisse • Suppression de la possibilité de l'irrigation pendant la nuit depuis trois saisons ; • Absence des pratiques d'adaptation aux CC et de la technique de pilotage d'irrigation ; • Détérioration de la qualité du sol : 50% des agriculteurs ne pratiquent pas l'assolement des cultures ; • Insuffisance de la formation, de l'accompagnement, du conseil et de la vulgarisation agricole ; • Insuffisance d'information sur les CC, les besoins des plantes en eau, les maladies et les produits de traitements ; • Absence des pratiques d'adaptation aux CC

Gouvernance de l'eau d'irrigation

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Comité GDA et direction technique solide ; • Bon niveau d'engagement du GDA : • Forte participation des bénéficiaires (Leadership et autorité traditionnelle forte du président • Bon niveau d'encadrement : Directeur professionnel • Bonne situation financière • Règles de distributions avec un tour d'eau respecté. • Forte Satisfaction des services rendus 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque des moyens • Recettes du GDA tributaire des volumes d'eau vendus : Activité unique • Situation financière précaire

Environnement socioéconomique : Les filières

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Pomme de terre : culture et savoir-faire traditionnel, • Développement de la production de la pomme de terre : La principale culture est la pomme de terre pour deux saisons :1/Septembre à février et 2/Février à juin. • Huile d'olive : Bonne qualité suite à un bon système de production et bonne conservation - évolution de la culture des oliviers 	<ul style="list-style-type: none"> • Retards dans la disponibilité des résultats de la recherche scientifique ; • Rendements en baisse, • Insuffisance de l'eau et des moyens de conservation • Faible production de semences locales et prédominance de la variété "spunta" • Manque de diversification dans les variétés des pommes de terre.

<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'introduction/développement d'espèces locales pour certains produits et des certificats biologiques • Volonté des agriculteurs de développer leurs cultures et trouver des solutions pour s'adapter aux changements climatiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficultés de commercialisation et les défis de trouver un marché. • Coût de la pomme de terre calculé par l'Etat n'intègre pas tous les frais et ne garantit pas la rentabilité de l'agriculteur. • Système de financement peu adapté aux exploitants, Absence de clarté pour l'investissement et l'obtention des subventions • Manque de vulgarisation • Réduction des ressources financières de la SMSA, qui par ailleurs rencontre des problèmes d'approvisionnement en intrants • Absence de clarté pour l'investissement et l'obtention des subventions
--	---

IV.4.3 Vulnérabilités, contraintes et perception des changements climatiques

Principales vulnérabilités

- ✓ Insuffisance des ressources en eau nécessaires pour conduire une exploitation intensive du PPI. Les volumes moyens facturés varient entre 1900 m³/ha et 3000 m³/ha sur la période 2014-2019, contre un besoin d'environ 4097 m³/ha/an estimé par l'étude de création du PPI ;
- ✓ Salinisation croissante de l'eau souterraine (actuellement de 4g/l) en raison de l'infiltration de l'eau de la mer dans les nappes proches de la côte tunisienne et à la turbidité de l'eau.

Perception des changements climatiques et mesures de résilience, selon l'enquête :

- ✓ Constats et conscience des CC.
- ✓ Connaissance moyenne des causes des CC,
- ✓ Les mesures de résilience déclarées sont : la réduction des superficies, l'utilisation des techniques d'économie d'eau, autres sources d'eau, et autres (irrigation la nuit, changement de la date de semis).

Formes d'adaptation observées :

- ✓ Création des forages dans les exploitations, même si la salinité dépasse les 4 g/l,
- ✓ 70% des exploitants ont des points d'eau souterraine privés dans leurs parcelles ;
- ✓ Equipement des parcelles par des bassins à grand volume pour faire le mélange des eaux douces (Nebhana) et salées (eaux souterraines) ;
- ✓ Transition vers des spéculations moins consommatrice en eau (Cultures sous serre, Haricot vert)
- ✓ Equipement des parcelles par des stations de filtration et de matériel d'irrigation goutte-à-goutte,
- ✓ Système très efficace pour la sauvegarde des équipements hydrauliques et le respect du GDA.

Adaptation à une pénurie d'eau :

- ✓ Dans le passé : Attitude passive (Rien, Pas de cultures 50%) ; Attitude de résistance (creusage de sondage) 50%
- ✓ Avant démarrage de la campagne : Attitude passive, 75%) ; Attitude de résistance (Puits et sondages) 25%.
- ✓ Face à une pénurie en milieu de campagne : Attitude passive (38%), Attitude de résistance (puits et sondages, Bassins, Citernes, irrigation d'appoint) 68%.

IV.4.4 Principaux problèmes identifiés

Systeme d'irrigation

- ✓ Manque de ressources alternatives en eau d'irrigation ;
- ✓ Manque au niveau pilotage, contrôle et planification d'irrigation ;
- ✓ Manque d'électrification pour les pompes des bassins et puits autorisés existant dans le PPI.

Systeme de culture :

- ✓ Besoin en formation et conseil : sur le besoin des plantes en eau et sur l'identification des maladies et des produits de traitements - Détérioration de la qualité du sol - Insuffisance de pratique de l'assolement des cultures.

Filières

- ✓ Rendements en baisse suite à l'augmentation des prix des intrants (faible production de semences locales), à l'insuffisance de l'eau et à l'insuffisance des services rendus par la SMSA ;
- ✓ Difficultés de commercialisation et les défis de trouver un marché ;
- ✓ Difficultés de valorisation des produits.

V PISTES D'INTERVENTION POUR LE PROJET ICAPT ET AUTRES ADAPTATIONS ENVISAGEABLES.

Cette section présente quelques orientations pour favoriser l'adaptation des PPIs de la zone de l'étude aux CC, en s'appuyant sur les enseignements de la revue documentaire et sur les résultats des diagnostics systémique et spécifique et des ateliers régionaux à Kairouan et à Sousse.

Elle commence par exposer les pistes d'intervention pour le projet ICAPT, au profit des PPIs pilotes de Dar Jamîya et Sisseb, telles qu'elles ressortent des recommandations des ateliers régionaux. Ces pistes identifiées dans le cadre d'une approche participative, seraient approfondies dans le cadre d'une future mission à lancer par le projet, portant sur l'élaboration d'un plan d'action.

Elle propose dans un deuxième temps, une série de mesures d'adaptations envisageables pour l'ensemble de la zone structurées selon les thématiques suivantes : (i) Système d'irrigation ; (ii) Système de culture ; (iii) Gouvernance de l'eau ; (iv) Mobilisation de l'eau d'irrigation pour les PPIs de la zone du projet.

V.1 Pistes d'intervention au profit des PPIs pilotes

V.1.1 Pistes d'intervention en faveur des PPI de Dar Jamîya et Sisseb

Le tableau suivant récapitule les pistes d'amélioration proposées dans le cadre de l'atelier régional de Kairouan, après identification des principaux problèmes par les participants. Ces pistes ont été légèrement reformulées et consolidées par l'équipe AGER.

Principaux problèmes identifiés	Pistes d'amélioration / d'intervention
Système d'irrigation	
Quotas d'eau d'irrigation insuffisante par rapport aux besoins des PPI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réorientation vers des cultures moins consommatrices en eau d'irrigation ; 2. Limitation des surfaces irriguées ; 3. Renforcement des ressources en eau d'irrigation par la création de forages profonds ; 4. Dessalement des eaux saumâtres avec l'énergie photovoltaïque
Présence des éléments solide en suspension dans l'eau d'irrigation	<ol style="list-style-type: none"> 5. Etude des possibilités d'installation d'unités de filtration de l'eau d'irrigation ; 6. Interventions pour la maintenance des tamis au niveau des prises d'eau d'irrigation pour le PPI Sisseb 1 ;
Manque d'information sur le pilotage de l'irrigation à la parcelle	<ol style="list-style-type: none"> 7. Programme de formation sur le pilotage de l'irrigation ; 8. Programme de formation pour la conception et le diagnostic des réseaux d'irrigation à la parcelle ; 9. Echanges d'expérience ; 10. Des écoles des champ pour présenter les bonnes pratiques d'irrigation ;
Difficultés de gestion de l'eau à la parcelle	<ol style="list-style-type: none"> 11. Equipement des exploitations par des unités de stockage de l'eau alimentées par l'énergie solaire ; 12. Mise en place d'un système de télémessure
Système de cultures	
Valorisation des produits	<ol style="list-style-type: none"> 13. Valorisation des résidus agricoles dans la production du compostage ; 14. Valorisation des produits agricoles : séchage ;

Vulgarisation et accompagnement	<ul style="list-style-type: none"> 15. Organisation des sessions de formations pour lutter contre l'aggravation des plantes parasites (كولاهلا - orobanche ; ءارفصلا ةكيوشلا - l'épine jaune) ; 16. Création d'un périmètre pilote ; 17. Organisation de journées de sensibilisation sur les impacts des changements climatiques sur le système cultural au profit des techniciens, agriculteurs, GDA ; 18. Promotion des cultures sous serres
Filières	
Besoin Chaîne de valeur	<ul style="list-style-type: none"> 19. Etablissement de conventions avec les principaux acteurs intervenant dans la chaîne de valeur ; 20. Promotion et encouragement de la conservation des espèces et les variétés génétiques locales de toutes les cultures, pour garder la qualité et la compétitivité à l'échelle internationale ;
Insuffisance de la formation et la vulgarisation	<ul style="list-style-type: none"> 21. Mise en place de parcelles de démonstration pour connaître les types de comportement des différentes variétés des plantes ; 22. Organisation des sessions de formations pour améliorer la qualité de produit et lutter contre les plantes parasites.

V.1.2 Pistes d'intervention en faveur du PPI de Sidi Bouali

Le tableau suivant récapitule les pistes d'amélioration proposées dans le cadre de l'atelier régional de Kairouan, après identification des principaux problèmes par les participants. Ces pistes ont été légèrement reformulées et consolidées par l'équipe AGER.

Principaux problèmes identifiés	Pistes d'amélioration
Système d'irrigation	
Manque de ressource alternative en eau d'irrigation.	<ul style="list-style-type: none"> 1. Etude prospective des ressources alternatives ; 2. Valorisation des eaux non conventionnelle ; 3. Planification d'un projet de réhabilitation des infrastructures hydrauliques ; 4. Réalisation d'un plan stratégique pour l'exploitation des ressources en eau non conventionnelle ; 5. Création d'ouvrages de mobilisation des eaux de ruissellement ;
Manque au niveau pilotage, contrôle et planification d'irrigation.	<ul style="list-style-type: none"> 6. Système informatique pour la conduite de distribution des besoins en eau d'irrigation ; 7. Introduction de la commande à distance des vannes ; 8. Introduction de télémesure des consommations des exploitants ; 9. Formation au pilotage de l'irrigation ; 10. Visites d'échanges ;
Manque d'électrification pour les pompes des bassins et puits autorisé existant dans le PPI.	<ul style="list-style-type: none"> 11. Electrification des exploitations par l'énergie solaire pour le pompage.
Système de culture	
Besoin de réorientation des cultures	<ul style="list-style-type: none"> 12. Orientation vers les cultures moins consommatrice en eau d'irrigation ;
Manque de vulgarisation	<ul style="list-style-type: none"> 13. Formation des agriculteurs en matière des pratiques agricoles résilientes aux

et conseil	changements climatiques ;
Absence de parcelles de démonstration -	14. -Mise en place de parcelles de démonstration pour connaître la conduite de nouvelles cultures économes en eau et résiliente ; 15. Mise en place de de parcelles de démonstration pour connaître le comportement des différents types de variétés des plantes ;
Filières	
Faible valorisation des produits locaux	16. Renforcement de la capacité de transformation des produits agricoles ; 17. Création de locaux de stockage et de conservation ; 18. Création d'une pépinière dans le PPI ;
Insuffisance des services fournis par la SMSA	19. Diversification des services : Collecte des produits, fixation de prix de vente ; 20. Résolution des problèmes de la commercialisation des produits agricoles.

V.2 Adaptations envisageables pour les PPIs du système Nebhena

La vulnérabilité des PPIs du système Nebhena face aux CC nécessite des adaptations multiformes, en vue de réduire les impacts négatifs et améliorer la résilience. Ces adaptations touchent les infrastructures et leur gestion, les pratiques agricoles, la gouvernance de l'eau d'irrigation, mais aussi, en amont la mobilisation de l'eau d'irrigation.

V.2.1 Adaptations envisageables au niveau du système d'irrigation

Au niveau du niveau du système d'irrigation, le défis consiste en gros à minimiser les pertes, augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau, réduire la consommation d'eau pour un même niveau de production, réduire les coûts d'irrigation, améliorer la productivité des cultures et contribuer à une utilisation plus durable des ressources en eau. Les formes d'adaptation d'intérêt dans le contexte des PPIs du projet sont les suivantes :

- ✓ **Réalisation des actions nécessaires pour corriger les défaillances dans le système d'irrigation** : Il s'agit en particulier de : (i) l'ouverture d'accès à 10% des ouvrages visités ; (ii) la réparation des fuites permanentes au niveau des conduites sous responsabilité GDA ; et (iii) la réalisation d'entretiens mineurs (brossage des couvercles métalliques avant peinture, retouches d'enduits, de brossage des armatures et de badigeonnage de 100% des ouvrages visités).
- ✓ **Réhabilitation et modernisation des réseaux d'alimentation en eau et recours à des systèmes d'eau intelligents, au comptage obligatoire des prélèvements et à la protection des réseaux contre le vandalisme** : Cette mesure devient prioritaire dans le cas où les pertes dans les réseaux sont très importantes. Elle peut impliquer une reconversion des activités économiquement non viables. La réhabilitation des réseaux doit être précédée d'une révision de la politique globale du secteur, tenant compte des possibilités de reconversion des activités économiquement non rentables ou climatiquement non durables.
- ✓ **Développement des systèmes d'avertissement et de pilotage des irrigations**. Il s'agit de mettre en place un système de pilotage de l'irrigation basé sur le rayonnement global qui est mis à la disposition des agriculteurs pour une bonne maîtrise des besoins en eau des cultures, et sur l'évapotranspiration des cultures sous serres.

- ✓ **Utilisation d'énergies renouvelables** : L'introduction du Pompage d'eau d'irrigation solaire (PIES) peut contribuer à la réduction du coût de l'énergie et des émissions de gaz induites par l'utilisation de l'énergie fossile.
- ✓ **Irrigation goutte-à-goutte** : Il s'agit de consolider l'effort de promotion de l'irrigation goutte-à-goutte pour apporter l'eau directement aux racines des plantes, goutte-à-goutte, en utilisant des tuyaux perforés. L'eau est ainsi délivrée avec précision et économie, ce qui réduit les pertes par évaporation et percolation.
- ✓ **Irrigation de surface améliorée** : Ce système d'irrigation consiste à apporter l'eau sur la surface du sol, en utilisant des méthodes améliorées telles que l'irrigation en rangées, l'irrigation par aspersion ou l'irrigation gravitaire. Les techniques d'irrigation de surface améliorées permettent une meilleure répartition de l'eau sur le sol, ce qui réduit les pertes par évaporation et percolation.
- ✓ **Utilisation de capteurs d'humidité du sol** : L'utilisation de capteurs d'humidité du sol permet de mesurer la quantité d'eau présente dans le sol. Cette information peut être utilisée pour ajuster les programmes d'irrigation en temps réel, en évitant ainsi le gaspillage d'eau.
- ✓ **Collecte de l'eau de pluie** : La collecte de l'eau de pluie peut être une source d'eau alternative pour l'irrigation des cultures. Les systèmes de collecte d'eau de pluie peuvent être simples, comme des barils ou des citernes, ou plus complexes, comme des systèmes de toits verts.
- ✓ **Promotion de l'utilisation des bassins en irrigation** : Cette technique permet de stocker et gérer l'eau dans le temps, comme elle peut contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau par décantation.

V.2.2 Adaptations envisageables au niveau du système de culture

Ce volet consiste essentiellement à mobiliser l'expertise agronomique au sens strict pour aider les exploitants à s'adapter aux conditions climatiques modifiées, tout en sachant que certaines mesures relèvent de décisions stratégiques à prendre au niveau de la politique agricole.

- ✓ **Sélection de cultures résilientes à faible consommation en eau et en énergie et à haute valeur ajoutée** : Le choix des cultures qui valorisent le mieux la ressource eau et énergie doit prendre en compte plusieurs facteurs / critères, dont notamment les contraintes liées à la ressource en eau dans la zone, l'orientation retenue par la politique agricole, l'impact sur la durabilité, l'acceptabilité par les exploitants et les perspectives du marché. Un arbitrage à faire concernant des cultures à haute valeur ajoutée mais à forte consommation d'eau.
- ✓ **Diversification des cultures** : L'option pour la variété des cultures permet de réduire les risques, de favoriser la résilience aux CC et de garantir une source de revenus stable, mais elle peut ne pas convenir aux petites exploitations (augmentation des coûts, manque de compétences, ..).
- ✓ **Sélection de variétés de plantes résistantes et recours au matériel génétique approprié, mieux adapté aux températures plus élevées et aux stress climatiques** : Cette approche implique généralement : (i) la recherche et le développement de variétés plus résistantes aux stress climatiques, (ii) l'option pour des variétés de cultures plus résistantes aux stress environnementaux tels que la sécheresse, les inondations, les températures extrêmes, etc, et (iii) le choix des semences et des plants en fonction des caractéristiques locales et de leur adaptabilité aux nouvelles conditions climatiques.
- ✓ **Adoption de pratiques et de solutions de prévention contre la dégradation des sols** : Cette action consiste à : (i) adopter des pratiques culturales appropriées (rotation, implantation et conduite de la

culture, interculture et mesures agronomiques) et (ii) réduire les passages excessifs et l'utilisation des intrants pesticides et engrais qui contribuent l'émission de GES.

- ✓ **Utilisation des fertilisants de manière appropriée et responsable et préservation de la matière organique** : Il s'agit notamment de favoriser l'utilisation des engrais organiques, tels que le fumier et le compost, qui fournissent des nutriments aux plantes sans les effets négatifs sur l'environnement, améliorent la structure du sol, maintiennent le pH du sol dans une plage appropriée et favorisent la biologie du sol.
- ✓ **Utilisation de pratiques de conservation des sols**, telles que : (i) la couverture végétale, la rotation des cultures, le paillage et la gestion de l'eau, et (ii) l'adoption des pratiques agricoles durables, telles que l'agroforesterie et l'agriculture biologique, qui contribuent à l'amélioration de la biodiversité, de la qualité du sol et de la résilience des cultures.
- ✓ **Développement des connaissances de exploitants** : Cela passerait par : (i) la mise en place de parcelles de démonstration ; (ii) l'amélioration de la connaissance des besoins en eau ; (iii) l'organisation de formations aux techniques agricoles adaptées aux CC ; et de formations à la gestion des risques climatiques, tels que les événements climatiques extrêmes.
- ✓ **Mise au point d'itinéraires techniques révisés, incluant les apports d'intrants** (irrigation, fertilisation) : Ces systèmes de culture devront prendre en compte l'impact du CC sur les maladies et ravageurs d'une part, les mauvaises herbes de l'autre.
- ✓ **Mise en place d'expériences de bonnes pratiques de l'irrigation en considérant l'ensemble de l'itinéraire techniques des cultures**. Il s'agirait surtout de montrer aux exploitants, dans le cadre de parcelles témoins, comment l'application de l'itinéraire technique pourrait conduire à une productivité de l'eau plus élevée.

Toutes ces mesures gagneraient à être mise en place dans le cadre d'une étroite collaboration avec les structures universitaires.

V.2.3 Adaptations envisageables au niveau de la gouvernance de l'eau

Face aux impacts des CC sur la disponibilité de l'eau d'irrigation, la question de l'amélioration de la gouvernance de l'eau devient vitale, pour gérer de manière optimale la ressource et éviter les conflits. Elle implique des actions au niveau national, au niveau des structures d'encadrement et au niveau des GDA.

Actions au niveau national :

- ✓ **Révision de la tarification de l'eau** : Il s'agit d'appliquer une tarification rationnelle que incite à l'utilisation efficace des techniques d'économie d'eau.
- ✓ **Lutte contre le forage illicite et le vandalisme** :

Actions au niveau des structures d'appui de proximité (CRDA, .)

- ✓ **Renforcement des capacités des CRDA**. Il s'agit de doter ces structures des technologies modernes de gestion de l'eau (logiciels, technologies de comptage et de suivi des systèmes).
- ✓ **Recherche de l'assistance et l'encadrement au profit des exploitants**, dans le cadre de projets de partenariats.

- ✓ **Maintien du service d’approvisionnement en termes de quantité et de qualité** par l’application de tarifs qui couvrent les charges.

Actions au niveau des GDA :

- ✓ **Consolidation de l’implication des usagers dans la gestion des ressources en eau** pour améliorer la qualité du service de l’eau et de préserver les ressources en eau.
- ✓ **Renforcement des capacités des GDA** par la fourniture des technologies modernes de gestion de l’eau (logiciels, technologies de comptage et de suivi des systèmes) et la mobilisation d’équipes techniques compétentes au niveau des GDA.
- ✓ **Diversification des activités des GDA**, en les incitant à s’engager dans d’autres activités que la gestion de l’eau.
- ✓ **Adoption de nouvelles approches dans la gestion des conflits.**

V.2.4 Recommandations pour la mobilisation des ressources en eau d’irrigation

La sécurisation à moyen et long terme du système Nebhana peut être favorisée par la mobilisation du maximum des eaux superficielles et l’exploitation des ressources non conventionnelles. Cette orientation relève du MARH et de ses partenaires.

- ✓ **Mobilisation des ressources potentielles par le développement d’une infrastructure hydraulique adéquate et une bonne organisation de leur exploitation pour des fins agricoles**

Il s’agit plus précisément des importantes ressources en eau de surface dans la région (lacs collinaires, barrages collinaires), surtout que le barrage Nebhena ne récupère qu’une faible part de ces ressources et qu’une part importante, non exploitée, est versée dans la Sebkhet el Kelbia.

L’action recommandée consiste à réaliser une étude d’opportunité pour l’engagement de travaux CES susceptibles de drainer les ressources non exploitées, la réparation des exutoires de l’Oued Lassouda, et la réalisation de l’entretien et le curage du barrage, ...).

- ✓ **Valorisation des ressources en eaux non conventionnelles (EUT) pour supplanter partiellement à la réduction des eaux conventionnelles dans le futur.** Il s’agit notamment de :
 - Intensifier la collaboration avec les instituts de recherche et soutenir des projets portant sur l’étude de l’opportunité d’utilisation des eaux traitées dans la production agricole ;
 - Faciliter la mise en place de projets pilotes et œuvrer à la levée progressive des contraintes majeures, liées à la qualité de l’eau et à l’absence de cadre institutionnel et juridique efficace et complet.

ANNEXES.

Annexe 1 : Caractéristiques générales des PPIs de Kairouan.

	Ain Boumorra 1 (C-D)	Ain Boumorra 2 (A-B)	Ain Boumorra 3 (E-F)	Fadhouloun	Dar Jamya	Sisseb1
Caractéristiques générales						
Année de création	1973	1973	1973	1973 (H2001)	Non décrété.	1986
Réhabilitation	2012	2012	2012	1995	2002	2002
Localisation	Sbikha	Sbikha	Sbikha	Sbikha	Sbikha	Sbikha
Exploitants	225	194	128	279	167	38
Superficies	568 ha	320 ha	342 ha	162 ha	200 ha	70 ha
Superficie moyenne / Utilisateur	2,52	1,65	2,67	0.65 ha	2,4 ha	2 ha
Mode de transport de l'eau	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire
Mode de comptage de l'eau	Compteur CRDA					
Débit au piquage CRDA/PFI (l/s)	240	260	165		50	
Géomorphologie	Plaine	Plaine	Plaine			
Topographie	Très plat Pente douce	Très plat Pente douce	Très plat Pente douce			
Ressources en Eau	Barrage N	Barrage N + Forage	Barrage N + Forage	Barrage N	Barrage N	Barrage N
Nappe phréatique à la fin de la saison printanière	1,2 m et 2,5m	1,2 m et 2,5m				
Nappe phréatique à la fin de la saison d'été	15 m	15 m				
Besoins d'eau bruts	2,201 Mm ³ /an 3875 m ³ /ha/an	2,223 Mm ³ /an 6947 m ³ /ha/an	1,325 Mm ³ /an 3875 m ³ /ha/an	0,380 Mm ³ /an 2315 m ³ /ha/an	0,613 Mm ³ /an 3066 m ³ /ha/an	0,172 Mm ³ /an 2456 m ³ /ha/an
Caractéristiques générales techniques						
Longueur des antennes d'alimentation du PPI (km)						
Bassin public de régulation (m ³)	0	0				
Station de filtration						
Longueur du réseau (Km)	27,95	41,18	27,96	14,1	18,53	8,87
Type du réseau	PEHD	PEHD	PEHD			
Nb de secteurs	3	4	2			
Nb de quartiers				9	2	
Nombre de bornes	175	228	186	72	64	37
Nombre de prises	297	207	179		105	
Nb de Compteurs	297	207	179		105	
Débit par prise (l/s)	5	5	5	5	5	5
Densité ha/prise	1,91	1,55	1,91		1,90	
Vannes de sectionnement					14	
Ventouses		24	30		15	
Vidange		2			3	
Anti-Bélier						

Source : AGER à partir des Cartes thématiques de l'usage agricole de l'eau dans la zone Nebhana – Sbikha ; APD Ain Boumorra ; Rapport PFE : Diagnostic des fonctionnements hydrauliques des réseaux d'irrigation alimentés par la conduite Nebhana (cas du PPI Ain Bou Morra)

Annexe 2 : Caractéristiques générales des PPIs de Sousse

PPIs Sousse	Balaoum	Chieb	Chott Erroman	Chott Mariem	Sidi Bouali
Caractéristiques générales					
Création	2003	2003	1973	1973	1973
Réhabilitation	2018	2017	-	2012	2011
Localisation	Kalâa Kbira	Kalâa Kbira	Akouda	Akouda	Sidi Bouali
Exploitants	106	93	170	357	571
Superficies	364 ha	176 ha	205 ha	576 ha	952 ha
Superficie moyenne / Utilisateur	3,43	1,89	1,21	1,61	1,67
Mode de transport de l'eau	Gravitaire + Pompage	Gravitaire + Pompage	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire
Mode de comptage de l'eau	Compteur CRDA	Compteur CRDA	Compteur CRDA	Compteur CRDA	Compteur CRDA
Débit au piquage CRDA/PPI (l/s)	106	93	175	320	360
Géomorphologie					
Ressources en sol et Topographie			Pente 1% Menace de l'urbanisme	Pente 2% Menace de l'urbanisme	Pente 1% 3-4% par endroits
Ressources en Eau	Barrage N + 4 Forages	Barrage N + 1 Forage	Barrage N	Barrage N +	Barrage N +
Besoins d'eau bruts	0,843 Mm ³ /an 2315 m ³ /ha/an	0,407 Mm ³ /an 2315 m ³ /ha/an	1,210 Mm ³ /an 5854 m ³ /ha/an	3,310 Mm ³ /an 5747 m ³ /ha/an	3,900 Mm ³ /an 4097 m ³ /ha/an
Caractéristiques techniques					
Bassin public de régulation (m ³)	0	0	0	5600	6800
Station de filtration	15 avec 44 filtres	-	-	-	6800
Longueur du réseau (Km)	15	10	30	90	95
Type du réseau	AC+PVC	AC+ PVC	PVC	PVC	PVC
Nb de secteurs	-	-	-	-	-
Nb de quartiers	20	9	17	-	-
Nombre de bornes	145	116	-	-	-
Nombre de prises	145	-	-	-	-
Nombre de Compteurs	205	-	-	-	-
Débit par prise (l/s)	10	10	10	10	10
Densité ha/prise	3,25	2,44	-	-	-
Vannes de sectionnement	-	-	8	-	15
Ventouses	-	-	13	26	49
Vidange	3	-	10	26	72
Anti-Bélier	-	-	-	-	11
Anti-Bélier	-	-	-	-	11

Source : AGER à partir des APD et CRDA Sousse

Annexe 3 : Les principaux acteurs du système de gestion de l'eau de Nebhena.

Acteurs	Missions / Rôles
Structures du MARH	
BPEH	Le BPEH, rattaché au cabinet du Ministre , assure la programmation hydraulique annuelle et la coordination entre les services de production de l'eau et ceux de sa consommation ;
DGBGTH	En charge de la construction et de l'exploitation des barrages ;
DGGREE	En charge de la construction et de l'exploitation des périmètres irrigués et du développement des systèmes d'eau potable dans le milieu rural dispersé
DGRE	En charge de l'évaluation, du suivi et de la conservation des ressources en eau ;
DGACTA	Elabore les plans et les orientations pour la préservation des ressources naturelles en sols, végétation, eau et terres agricoles.
SONEDE	En charge de l'approvisionnement en eau potable à l'échelle nationale, et
SECADENORD	En charge de l'exploitation des systèmes de transfert de l'eau
Structures de Recherche	Plusieurs structures sont impliquées dans l'étude des problématiques de gestion de l'eau et des changements climatiques : INRAT, FST, ISA Chott Mariem,
CRDA (24)	Représentation du MARHP au niveau sous-national et intervention en matière des ressources en eau, à travers ses arrondissements dont la plupart ont une tutelle à Tunis.
Arrondissement du Génie Rural	Réalisation des programmes et des projets d'hydraulique agricole d'eau potable rurale ainsi que d'équipement rural, et Promotion et de l'encadrement des GDA L'arrondissement est suivi à Tunis par la DGGR ; il possède 2 services : "aménagement hydraulique agricole" et "équipement rural", Ses missions sont : • l'AEP en zone rurale; • la création et le suivi des GDA, aussi bien d'irrigation que d'eau potable. Cette dernière mission est assurée par la: cellule AIC, qui fait partie du service Equipement Rural.
Arrondissement de l'exploitation des PPI	Exploitation du réseau d'irrigation dans les PPI et la valorisation de l'utilisation des ressources hydrauliques dans l'ensemble des périmètres irrigués". Cet arrondissement est aussi suivi par la DGGR. Ses missions sont la vente de l'eau dans les PPI, l'organisation des tours d'eau et la gestion des aiguadiers et des pompistes.
Arrondissement de la maintenance des PPI	Assurer l'entretien du réseau d'irrigation, des infrastructures et des ouvrages hydrauliques", il dépend, à Tunis, de la DGGR. Ses missions sont la maintenance sur les PPI (réseau de pistes, réseau électrique, pompage) et sur les systèmes d'AEP (pompage et réseau). Le travail est fait par des entreprises privées en général, et en régie en cas d'urgence. Pour faire la distinction, l'arrondissement de maintenance des PPI gère les ouvrages lourds alors que celui de l'exploitation s'occupe du « matériel légers ». L'arrondissement de la maintenance n'existe qu'au CRDA de Kairouan. Pour le CRDA de Sousse, la maintenance est assurée par un service intégré à l'arrondissement de l'exploitation des PPI.
Arrondissement des ressources en eau	Etudes relatives au développement des ressources en eau ainsi que du contrôle du DPH, " il dépend de la DGRE. Cet arrondissement possède un service chargé des eaux souterraines et un autre chargé des eaux superficielles. Ses missions sont: • <u>le suivi de la ressource et des usages</u> , aboutissant à la constitution d'annuaires des ressources (nappes profondes et phréatiques) et des usages (forages et puits). Quand une nappe est commune à deux gouvernorats, c'est le gouvernorat qui en possède la plus grande part qui s'occupe du suivi. En pratique, l'annuaire des ressources est réalisé mais celui des usages n'est fait que dans la mesure des moyens de l'arrondissement. Ainsi, à Kairouan seuls les forages (au sens de prélèvement à une profondeur supérieur à SOM), sont inventoriés annuellement. • <u>la délivrance d'autorisations de prélèvement</u> , étape obligatoire aussi bien pour un agriculteur que pour la SONEDE. De la même façon, les agents de l'arrondissement surveillent le travail des entreprises de forage.

	<ul style="list-style-type: none"> • la Police des Eaux. Tous les techniciens de l'arrondissement sont assermentés et peuvent délivrer des procès-verbaux. Ces procès-verbaux iront au Bureau des Contentieux puis au Tribunal Administratif. • la salinité des nappes, avec l'arrondissement des Sols.
Arrondissement de la Conservation des Eaux et des Sols	Réalisation des programmes et projets de CES", cet arrondissement dépend, à Tunis, de la DGACTA, et comprend deux services : les "études et programmes" et le "suivi des travaux". L'arrondissement s'occupe de la conception et du suivi des projets de CES: lacs collinaires, barrages collinaires, tabias.
L'arrondissement Encouragement et Financement	Supervision des actions d'octroi des crédits agricoles ainsi que de la promotion des structures professionnelles agricoles", cet arrondissement gère les aides, les subventions et les prêts accordés aux irrigants dont les pratiques sont conformes au Code des Eaux et aux décrets qui y font référence (électrification, politique d'économie d'eau: subvention du goutte-à-goutte, etc.).
L'arrondissement des Sols	Etudes pédologiques et de la vocation des sols". Il s'occupe, avec l'arrondissement des Ressources en Eau, des problèmes de salinité dans les périmètres irrigués. " comprend également une cellule SIG qui travaille sur l'élaboration de cartes prochainement disponibles pour les arrondissements du CRDA qui le souhaitent ; 10 Direction Générale de la Conservation des Eaux et des Sols 11 Banquette réalisée le long d'une courbe de niveau pour limiter le ruissellement et favoriser l'infiltration
L'arrondissement de Promotion des Groupements Hydrauliques	Cet arrondissement existe dans le CRDA de Kairouan. Son rôle est l'encadrement des GDA.
Représentations locales du CRDA	Les structures locales du CRDA sont : les Cellules Territoriales de Vulgarisation agricole (CTV) et les Cellules de Rayonnement Agricole (CRA).
AUTRES MINISTERES IMPLIQUES	
Ministère de l'Environnement Et ses structures	Ce ministère et l'ANPE sont directement impliqués dans le secteur de l'eau : Ils sont en effet responsables de la protection, du contrôle et du suivi de la pollution des ressources. L'Office National de l'Assainissement (l'ONAS) est chargé de la mise en œuvre et de l'exploitation des stations de traitement des eaux usées, et responsable du contrôle de la pollution.
Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire,	Protection contre les inondations urbaines, principalement
Ministère des Transports	Collecte des données météorologiques via l'Institut National de la Météorologie (INM),
Ministère de la Santé,	Contrôle sanitaire via la Direction de l'Hygiène des Milieux et de la Protection de l'Environnement (DHMPE).
STRUCTURES PROFESSIONNELLES	
GDA	Représentation des exploitants -Gestion de l'eau d'irrigation- ...
UTAP	Représentation des agriculteurs et défense de leurs intérêts ...
SYNAGRI	Représentation des agriculteurs et défense de leurs intérêts ...
UTICA	Représentation des commerçants et industriels et défense de leurs intérêts ...

Source : AGER à partir de différentes sources

Annexe 4 : Guide d'entretien pour le diagnostic des PPIs retenus.

Extrait du Livrable L.3

Objectifs, démarche et déroulement

- **Caractériser les PPI retenus**, en matière : d'offre et de demande en eau et en énergie, Mode de gestion de l'eau et d'énergie, Systèmes d'irrigation, Systèmes de culture, Filières et CdV, Technologies, Commercialisation, besoins des agriculteurs en formations etc. ...).
- **Identifier les besoins des agriculteurs en eau et en énergie**

Diagnostic systémique

Etat de l'infrastructure, caractérisation du capital physique, les aménagements etc.

1. Existence de conflits sur un ouvrage
2. Existence de prises illégales Capacité de réparation
3. Disponibilité d'une équipe compétente et des moyens adéquats pour son fonctionnement
4. Formation des usagers à l'entretien et connaissance de normes de maintenance
5. Planification et réalisation d'un entretien de routine (graissage, nettoyage, etc.)
6. Réalisation régulière de curages des ouvrages et remplacement de parties d'ouvrages endommagées par les usagers

Impact au niveau micro et méso-économique à la suite à la non satisfaction des besoins en eau et en énergie

7. Evolution de la superficie irriguée
8. Choix des cultures moins exigeantes en eau d'irrigation
9. Niveau de production (Rendement)
10. Marges brutes / ha /culture et globales
11. Revenu des agriculteurs
12. Diversification des sources de revenu (Pluriactivité)
13. Recours aux sources d'énergie renouvelable
14. Niveau d'intensification des cultures
15. Consommation d'eau par ha/cultures
16. Consommation d'énergie de traction par ha (niveau de mécanisation) /ha/culture Etc. ...

Solutions à proposer pour pallier aux forts besoins en eau d'irrigation et en énergie

17. Evaluation du degré d'information face aux ressources en eau, en sol et énergie.
18. Evaluation de la main d'eau disponible, le tour d'eau et les systèmes de comptages
19. Evaluation des équipements d'irrigation à la parcelle
20. Evaluation de l'application de l'économie d'eau
21. Evaluation de techniques adoptées pour le stockage de l'eau et la consommation d'énergie
22. Evaluation de qualité des eaux d'irrigation et les systèmes de filtration
23. Evaluer la dose d'irrigation appliquée, l'uniformité de la distribution de l'eau d'irrigation et la durée d'irrigation
24. Evaluer la fertilité du sol, l'application de l'assolement, drainage et la salinisation.

25. Evaluation du comportement des irrigants et des mesures d'adaptation actuelle pour faire face aux besoins en eau, sol et énergie
26. Identification des besoins future en moyens financiers des irrigants pour une amélioration de l'irrigation à la parcelle, pour une amélioration de l'exploitation du sol et de l'énergie.

Systeme culturel et sa durabilité

27. Dégradation des sols sous l'effet de l'intensification et l'utilisation excessive des fertilisants.
28. Choix des cultures qui valorisent le mieux la ressource eau et énergie
29. Promotion d'une agriculture de terroir, compatible avec le changement climatique et protectrice des grands équilibres écologiques
30. 4 % des terres louées
31. Différents types de métayage (log terme ou annuelle) et montant du fermage selon le type d'utilisation

Besoins des agriculteurs en formations

32. Economie d'eau
33. Consommation d'eau par ha/culture
34. Sources d'énergie, énergies propres,
35. Charges de mécanisation/ha /culture
36. Activités consommatrices d'énergie « mécanisation, transport, pompage d'eau, séchage des produits, chambres frigorifiques, etc. ...)
37. Autres

VI-3. Diagnostic de la conduite et le pilotage de l'irrigation à la parcelle

Diagnostic du service de l'eau d'irrigation

1. Situation des compteurs : Inexistant [..]- Fonctionne [..]- En Panne [..]
2. Utilité du compteur (QRM) : Pilotage de l'irrigation [..] - Arbitrage/transparence [..] - Comptabiliser la consommation [..] – Autre [..]
3. Quelles s sont les difficultés liées au réseau d'irrigation ? (QRM) : Panne fréquente [..] - Conflit sur la borne [..] - Retard de réparation des pannes [..] - Faible pression de l'eau [..]- Qualité de l'eau [..]- Problème de colmatage [..] - Fuites d'eau - Autres

Disponibilité des ressources en eau et méthodes d'adaptation

4. Comment vous faites en cas de pénurie d'eau (au milieu de la campagne) ?
5. Comment vous faites en cas de pénurie d'eau (avant le démarrage de la campagne) ?
6. Le débit et la pression prévus sont-ils assurés ? : Oui - 2- Non
7. Tour d'eau à partir les eaux du Nebhana : Période :jour ; Fréquence :jour ; Quantité :-m3 ; Nombre d'heure :..... ; Heure départ :heure d'arrêt..... ; Prix de l'unité
8. Tour d'eau à partir les autres sources d'irrigation : Type de Source : ; Période : ; A partir du moisjusqu'au ; Fréquence :jour ; Quantité :-.....m3 ; Nombre d'heure :..... ; Heure départ :heure d'arrêt..... ; Prix de l'unité
9. Calendrier d'irrigation ? : Si non Pourquoi ? : Satisfait - Non Satisfait -

Equipement à la parcelle

10. Est-ce que vous disposez d'un bassin de stockage d'eau d'irrigation ? Oui Non
11. Est-ce que vous l'utiliser couramment ? Si non Pourquoi ? Oui Non
12. Si vous ne disposez pas de bassin de stockage d'eau d'irrigation, pourquoi ? PC – M – I. : Perception : PC – M – I - Abondance de l'eau : PC – M – I Charge hydraulique/pression : PC – M – I ; Qualité de l'eau : PC – M – I - Manque de vulgarisation / sensibilisation : PC – M – I - Capacité financière : PC – M – I ; Conflit et situation foncière non clarifié : PC – M – I - Complexité des procédures des subventions : PC – M – I Autre :

13. Si vous disposer d'un bassin d'irrigation ? Type du bassin (en terre /béton armé) - Capacité du bassin (.....m3)
- Source d'alimentation du bassin : Mode de distribution à partir du bassin (sous pression/gravitaire)
14. Si la distribution est sous pression / Type de pompe :.... - Source d'énergie (Electricité, gasoline, gasoil, énergie solaire) - Puissance (kW ou cv) - Station de filtration (disponible /non disponible) - Station de filtration (fonctionnelle /abandonnée)
15. Quelle technique d'irrigation utilisez-vous ? : goutte-à-goutte ; Localisé ; Gravitaire par conduite PE ; Gravitaire avec raie ; Mixte conduite et raie ; Submersion ; Autre :....
16. Quelles sont vos contraintes pour l'investissement à l'Economie d'Eau EE ? (Pas de contrainte (PC) /Moyen (M) /Important (I)) : Perception : PC – M – I ; Abondance de l'eau : PC – M – I ; Charge hydraulique/pression : PC – M – I ; Qualité de l'eau : PC – M – I ; Manque de vulgarisation / sensibilisation : PC – M – I ; Capacité financière : PC – M – I ; Conflit et situation foncière non clarifié : PC – M – I ; Complexité des procédures des subventions : PC – M – I ; Autre :

Pilotage de l'irrigation à la parcelle

17. Si vous utiliser des techniques d'EE, est-ce que vous êtes satisfaits de ces techniques ? Oui – Non - Pourquoi ?
18. Comment vous distribuer les engrais soluble (manuelle/via injecteur) :Manuelle – Injecteur
19. Est-ce que vous êtes satisfaits ? Oui – Non - Si non pourquoi ?
20. Pour l'installation de la goutte-à-goutte à qui vous avez eu recours : Moi-même - A un installateur voisin - A un conseiller spécialiste – CTV - Autre....
21. Etes-vous satisfait ? Si non pourquoi ? Oui – Non -
22. Comment évaluer-vous l'uniformité de la distribution de l'eau à la parcelle ? Bon – Mauvais
23. Comment évaluer-vous l'efficacité de l'irrigation à la parcelle (Bon/mauvais) : Bon – Mauvais
24. Avez-vous déjà constaté des problèmes liés à l'entretien et la maintenance des équipements d'irrigation ? si oui type problèmes ? Oui - Non -

Aspect des coûts

25. Combien vous-avez dépensé pour l'installation de l'EE (e/localisé) ? : DT/ha ; DT/pieds arbo
26. Combien vous dépenser pour la main d'œuvre pour conduire l'irrigation ? (DT/an)
27. Combien vous dépenser pour la main d'œuvre pour les opérations de désherbages ou bien la mécanisation ? (DT/an)
28. Quel est le budget annuel alloué pour l'acquisition de l'eau d'irrigation ? (DT) : Depuis GDA : ... DT - Autres Sources : ... DT

Connaissance des solutions alternatives

29. Connaissez-vous, les conditions de la distribution uniforme de l'eau d'irrigation ?
30. Quels est la meilleure position des goutteurs pour éviter le colmatage ? (en haut/en bas)
31. Savez-vous, que l'efficacité à la parcelle est inférieure à 50%, dans le cas de l'irrigation à la raie par rapport à l'irrigation localisé ?
32. Connaissez-vous le rôle des manomètres avant et après les filtres ?
33. Connaissez-vous les différences entre les goutteurs réglables et les goutteurs autorégulant ? Si vous utiliser les goutteurs. Quels est leurs types ?
34. Connaissez-vous le rôle des tensiomètres ?
35. Connaissez-vous l'irrigation sous-sol ?
36. Connaissez-vous des rétenteurs d'eau ?
37. Connaissez-vous le paillage avec des toiles hors-sol ?
38. Connaissez-vous le rôle de binage suite à chaque irrigation ?
39. Connaissez-vous l'agriculture hors-sol ?
40. Connaissez-vous l'agriculture hydroponique ?
41. Comment évaluer vos- connaissances sur le fonctionnement des équipements d'irrigation et leurs valeurs ajoutées ? (Faible/bon)
42. Connaissez-vous, qu'au-delà de 35 °c de température, l'irrigation peut provoquer des risques sur le développement de la plante ? (oui/non)

43. Comment évaluez-vous l'état des pistes de circulation ? (bon/moyen/mauvais)

Annexe 5 : Estimation des besoins en eau

	Cultures	Occupation du sol	Besoin en eau théorique/ha	Besoin en eau théorique Total PPI	Volume en eau calculé selon l'enquête[1]
Sidi Bou Ali (952ha)	Olivier (ha)	0,470	3 000	1 356 485	
	Piment	0,020	5 000	84 588	
	Tomate	0,010	6 000	83 050	
	Pdt de saison	0,400	4 500	1 695 606	
	AFD	0,100	3 000	276 834	
	Total	1,000		3 496 562	4 209 744,000
Chiab (190ha)	Olivier (ha)	0,390	3 000	224 362	
	Grenadier	0,010	6 000	12 128	
	Piment	0,150	5 000	141 489	
	Pastèque	0,050	6 000	60 638	
	Pdt de saison	0,340	4 500	291 064	
	Pdt AS	0,050	2 000	20 213	
	Total	1,000		749 894	960 830,000
Balaoum (360ha)	Olivier (ha)	0,360	3 000	392 238	
	Piment	0,080	5 000	142 647	
	Pastèque	0,030	6 000	61 134	
	Pdt de saison	0,340	4 500	550 209	
	Pdt AS	0,010	2 000	8 151	
	Amandier	0,110	2 000	81 513	
	Courge	0,003	5 000	5 400	
	AFD	0,010	4 000	16 303	
	Fourrage	0,050	1 500	27 510	
	Total	1,000		1 285 106	1 391 040,000
Ain Boumoura 2 (360ha)	Olivier (ha)	0,470	3 000	509 163	
	Abricotier (ha)	0,180	6 000	387 251	
	Grenadier	0,003	6 000	5 737	
	Agrumes	0,350	7 500	935 857	
	Total	1,000		1 838 008	1 656 000,000
Ain Boumoura 3 (372ha)	Olivier (ha)	0,470	3 000	520 800	
	Abricotier (ha)	0,200	6 000	456 320	
	Grenadier	0,050	6 000	109 120	
	Agrumes	0,080	7 500	210 800	
	Terre nue	0,130		0	
	Petits pois	0,040	3 000	39 680	
	Piment	0,040	5 000	66 133	
	Total	1,000		1 402 853	883 128,000
Sisseb (100ha)	Olivier (ha)	0,160	3 000,000	48 913	
	Grenadier	0,130	6 000,000	78 261	
	Piment	0,430	5 000,000	217 391	
	Tomate	0,050	6 000,000	32 609	
	Concombre	0,050	4 000,000	21 739	
	Pastèque	0,050	6 000,000	32 609	
	Céréale	0,110		0	
	Total	1,000		431 522	NE
Dar Jamîya (300ha)	Olivier (ha)	0,403	3 000,000	362 870	
	Grenadier	0,082	6 000,000	147 608	
	Petits pois	0,068	3 000,000	61 503	

Piment	0,198	5 000,000	297 267	
Céréales	0,187		0	
Fève	0,046	3 000,000	41 002	
Corète	0,016	1 000,000	4 784	
Total	1,000		915 034	357 000,000

[1] Sans prendre en compte les autres sources d'eau, uniquement les volumes reçus des GDA

Annexe 6 : Guide d'entretien pour le diagnostic du système hydraulique à la parcelle

<p>Etat de l'infrastructure, caractérisation du capital physique, les aménagements etc.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existence de conflits sur un ouvrage 2. Existence de prises illégales 3. Capacité de réparation 4. Disponibilité d'une équipe compétente et des moyens adéquats pour son fonctionnement 5. Formation des usagers à l'entretien et connaissance de normes de maintenance 6. Planification et réalisation d'un entretien de routine (graissage, nettoyage, etc.) 7. Réalisation régulière de curages des ouvrages et remplacement de parties d'ouvrages endommagées par les usagers
<p>Impact au niveau micro et méso-économique à la suite à la non satisfaction des besoins en eau et en énergie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evolution de la superficie irriguée 2. Choix des cultures moins exigeantes en eau d'irrigation 3. Niveau de production (Rendement) 4. Marges brutes / ha /culture et globales 5. Revenu des agriculteurs 6. Diversification des sources de revenu (Pluriactivité) 7. Recours aux sources d'énergie renouvelable 8. Niveau d'intensification des cultures 9. Consommation d'eau par ha/cultures 10. Consommation d'énergie de traction par ha (niveau de mécanisation)/ha/culture Etc. ...
<p>Solutions à proposer pour pallier aux forts besoins en eau d'irrigation et en énergie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Evaluation du degré d'information face aux ressources en eau, en sol et énergie. 2 Evaluation de la main d'eau disponible, le tour d'eau et les systèmes de comptages 3 Evaluation des équipements d'irrigation <u>à la parcelle</u> 4 Evaluation de l'application de l'économie d'eau 5 Evaluation de techniques adoptées pour le stockage de l'eau et la consommation d'énergie 6 Evaluation de qualité des eaux d'irrigation et les systèmes de filtration 7 Evaluer la dose d'irrigation appliquée, l'uniformité de la distribution de l'eau d'irrigation et la durée d'irrigation 8 Evaluer la fertilité du sol, l'application de l'assolement, drainage et la salinisation. 9 Evaluation du comportement des irrigants et des mesures d'adaptation actuelle pour faire face aux besoins en eau, sol et énergie 10 Identification des besoins future en moyens financiers des irrigants pour une amélioration de l'irrigation à la parcelle, pour une amélioration de l'exploitation du sol et de l'énergie.
<p>Système cultural et sa durabilité</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Dégradation des sols sous l'effet de l'intensification et l'utilisation excessive des fertilisants. 2 Choix des cultures qui valorisent le mieux la ressource eau et énergie 3 Promotion d'une agriculture de terroir, compatible avec le changement climatique et protectrice des grands équilibres écologiques 4 % des terres louées

5	Différents types de métayage (log terme ou annuelle) et montant du fermage selon le type d'utilisation
Besoins des agriculteurs en formations	
1	Economie d'eau
2	Consommation d'eau par ha/culture
3	Sources d'énergie, énergies propres,
4	Charges de mécanisation/ha /culture
5	Activités consommatrices d'énergie « mécanisation, transport, pompage d'eau, séchage des produits, chambres frigorifiques, etc. ...)
6	Autres

Diagnostic de la conduite et le pilotage de l'irrigation à la parcelle

Diagnostic du service de l'eau d'irrigation	
1	Situation des compteurs 1 Inexistant 2 Fonctionne 3 En Panne
2	Utilité du compteur (QRM) 1. Pilotage de l'irrigation 2. Arbitrage/transparence 3. Comptabiliser la consommation 4. Autre
3	Quels sont les difficultés liées au réseau d'irrigation ? (QRM) 1. Panne fréquente 2. Conflit sur la borne 3. Retard de réparation des pannes 4. Faible pression de l'eau 5. Qualité de l'eau 6. Problème de colmatage 7. Fuites d'eau 7. Autres
Disponibilité des ressources en eau et méthodes d'adaptation	
4	Comment vous faites en cas de pénurie d'eau (au milieu de la campagne) ?
5	Comment vous faites en cas de pénurie d'eau (avant le démarrage de la campagne) ?
6	Le débit et la pression prévus sont-ils assurés ? 1- Oui - 2- Non
7	Tour d'eau à partir les eaux du Nebhana 1- Période : 2- Fréquence :jour 3- Quantité :-.....m3 4- Nombre d'heure : 5- Heure départ :heure d'arrêt..... 6- Prix de l'unité
8	Tour d'eau à partir les autres sources d'irrigation 1- Type de Source : 2- Période : 3- A partir du mois ...jusqu'au ... 4- Fréquence :jour 5- Quantité :-.....m3 6- Nombre d'heure : 7- Heure départ :heure d'arrêt..... 8- Prix de l'unité
9	Calendrier d'irrigation ? Si non Pourquoi ? 1- Satisfait 2- Non Satisfait 3-
Equipement à la parcelle	

10	Est-ce que vous disposez d'un bassin de stockage d'eau d'irrigation ?	1- Oui 2- Non
11	Est-ce que vous l'utiliser couramment ? Si non Pourquoi ?	1- Oui 2- Non 3-
12	<u>Si vous ne disposez pas de bassin de stockage d'eau d'irrigation, pourquoi ?</u>	1- Perception : PC – M – I 2- Abondance de l'eau : PC – M – I 3- Charge hydraulique/pression : PC – M – I 4- Qualité de l'eau : PC – M – I 5- Manque de vulgarisation / sensibilisation : PC – M – I 6- Capacité financière : PC – M – I 7- Conflit et situation foncière non clarifié : PC – M – I 8- Complexité des procédures des subventions : PC – M – I 9- Autre :
13	<u>Si vous disposer d'un bassin d'irrigation ?</u>	1- Type du bassin (en terre /béton armé) 2- Capacité du bassin (.....m3) 3- Source d'alimentation du bassin : 4- Mode de distribution à partir du bassin (sous pression/gravitaire)
14	Si la distribution est sous pression	1- Type de pompe :.... 2- Source d'énergie (Electricité, gazoline, gasoil, énergie solaire) 3- Puissance (kW ou cv) 4- Station de filtration (disponible /non disponible) 5- Station de filtration (fonctionnelle /abandonnée)
15	Quelle technique d'irrigation utilisez-vous ?	1- goutte-à-goutte 2- Localisé 3- Gravitaire par conduite PE 4- Gravitaire avec raie 5- Mixte conduite et raie 6- Submersion 7- Autre :....
16	<u>Quel sont vos contraintes pour l'investissement à l'Economie d'Eau EE ?</u> (pas de contrainte (PC) /Moyen (M) /Important (I))	1- Perception : PC – M – I 2- Abondance de l'eau : PC – M – I 3- Charge hydraulique/pression : PC – M – I 4- Qualité de l'eau : PC – M – I 5- Manque de vulgarisation / sensibilisation : PC – M – I 6- Capacité financière : PC – M – I 7- Conflit et situation foncière non clarifié : PC – M – I 8- Complexité des procédures des subventions : PC – M – I 9- Autre :
Pilotage de l'irrigation à la parcelle		
17	<u>Si vous utiliser des techniques d'EE</u> , est-ce que vous êtes satisfaits de ces techniques ? Pourquoi ?	1- Oui 2- Non
18	Comment vous distribuer les engrais soluble (manuelle/via injecteur) Est-ce que vous êtes satisfaits ? Si non pourquoi ?	1- Manuelle 2- Injecteur a- Oui b- Non c-

19	Pour l'installation de le goutte-à-goutte à qui vous avez eu recours : Etes-vous satisfait ? Si non pourquoi ?	1- Moi même 2- A un installateur voisin 3- A un conseiller spécialiste 4- CTV 5- Autre.... a- Oui b- Non c-
20	Comment évaluer-vous l'uniformité de la distribution de l'eau à la parcelle ?	1- Bon 2- Mauvais
21	Comment évaluer-vous l'efficacité de l'irrigation à la parcelle (Bon/mauvais)	1- Bon 2- Mauvais
22	Avez-vous déjà constaté des problèmes liés à l'entretien et la maintenance des équipements d'irrigation ? si oui type problèmes ?	1- Oui 2- Non 3-
Aspect des coûts		
23	Combien vous-avez dépensé pour l'installation de l'EE (goutte-à-goutte/localisé) ?	1- DT/ha 2- DT/pieds arbo
24	Combien vous dépenser pour la main d'œuvre pour conduire l'irrigation ? (DT/an)	
25	Combien vous dépenser pour la main d'œuvre pour les opérations de désherbages ou bien la mécanisation ? (DT/an)	
26	Quel est le budget annuel alloué pour l'acquisition de l'eau d'irrigation ? (DT)	1- Depuis GDA : ... DT 2- Autres Sources : ... DT
Evaluation de la connaissance des solutions alternatives		
28	Connaissez-vous, les conditions de la distribution uniforme de l'eau d'irrigation ?	
29	Quels est la meilleure position des goutteurs pour éviter le colmatage ? (en haut/en bas)	
30	Savez-vous, que l'efficacité à la parcelle est inférieure à 50%, dans le cas de l'irrigation à la raie par rapport à l'irrigation localisé ?	
31	Connaissez-vous le rôle des manomètres avant et après les filtres ?	
32	Connaissez-vous les différences entre les goutteurs réglables et les goutteurs autorégulant ? Si vous utiliser les goutteurs. Quels est leurs types ?	
33	Connaissez-vous le rôle des tensiomètres ?	
34	Connaissez-vous l'irrigation sous-sol ?	
35	Connaissez-vous des rétenteurs d'eau ?	
36	Connaissez-vous le paillage avec des toiles hors-sol ?	
37	Connaissez-vous le rôle de binage suite à chaque irrigation ?	
38	Connaissez-vous l'agriculture hors-sol ?	
39	Connaissez-vous l'agriculture hydroponique ?	
40	Comment évaluer vos- connaissances sur le fonctionnement des équipements d'irrigation et leurs valeurs ajoutées ? (Faible/bon)	
41	Connaissez-vous, qu'au-delà de 35 °c de température, l'irrigation peut provoquer des	

	risques sur le développement de la plante ? (oui/non)	
42	Comment évaluez-vous l'état des pistes de circulation ? (bon/moyen/mauvais)	

Annexe 7 : Superficies et ressources en eau : Comparaison entre les études de base et la situation actuelle .

Tableau : Comparatif des superficies : Etudes de base Vs Situation en 2021

Désignation	Superficie autorisée33 (ha) initialement à 1964	Surface autorisée (ha) en 2021
1. Gouvernorat de Kairouan		
Ain Bou Mourra (Sbikha)	1163	1230
Fadhoun (Sidi Saidane)	161	161
Sisseb 1	-	70
Dar Jamîya	-	200
Total 1	1324	1661
2. Gouvernorat de Sousse		
Enfidha (Kondar)	139	140
Chott Meriem	576	576
Sidi Bouali	952	952
Akouda	205	205
Kalaa Kebira (Baloom1- ElBora)	-	360
Kalaa Kebira (Chiab)	-	180
Total 2	1872	2413
Total général	3196	4074

Source : AGER à partir des APD et des données de la DG GBTH

Tableau : Comparatif des ressources en eau : Etudes de base vs Situation en 2021

	Situation initiale en 1970	Situation en en 2020
Apport annuelle barrage sur oued Bel Assoued (Mm3)	3	0
Apport annuelle barrage Nebhana (Mm3)	21	7,2
Apport Ain Kibrit (Mm3)	5	0
Apport forages de Bled Sisseb (Mm3)	10	0
Apport total (Mm3)	39	7,2

Source : AGER à partir des APD et des données de la DG GBTH

Comparaison entre les études de base et la situation actuelle : Besoins en eau

Les besoins en eau projetés des PPI de Kairouan, des PPI de Sousse, des PPI de Monastir et les besoins en eau potable ont été estimés initialement à environ 33 Mm3 pour satisfaire besoins comme indiqué dans le tableau suivant. Les consommations actuelles représentent environ 25 % des besoins initiaux projetés.

Tableau : Comparatif des besoins projetés et des consommations

Désignation	Besoins projetés à 1964	Consommation en 2021
Besoins d'eau potable du Sahel (Mm3)	3	1,65
Besoin total irrigation Kairouan (Mm3)	8.364	2,4
Besoin total irrigation Sousse (Mm3)	21.6	1,73
Besoin total irrigation Monastir (Mm3)		2,1
Besoin total irrigation Mahdia (Mm3)	-	0,18
Besoin total général (Kairouan +Sousse + Monastir) (Mm3)	32.964	8,06

Source : AGER à partir des APD et des données de la DG GBTH

Comparaison entre les études de base et la situation actuelle : Apports du barrage de Nebhana

Selon l'APD 2013, l'évolution des apports du barrage Nebhana est donnée dans le tableau suivant :

Tableau : Evolution des apports du barrage Nebhana (2002-2020)

	Evolution des apports du barrage Nebhana		Evolution des volumes d'eau vendus par la SECADENORD	
	Apport par an	Moyenne des apports	Volume vendu par an	Moyenne des volumes vendus
2002	15.34	23.6	10.6	18.3
2003	55.02	23.6	13.1	18.3
2004	23.26	23.6	17.7	18.3
2005	46.22	23.6	20.8	18.3
2006	66.12	23.6	24.7	18.3
2007	28.73	23.6	20.6	18.3
2008	9.01	23.6	25.1	18.3
2009	32.48	23.6	22.6	18.3
2010	8.64	23.6	20.2	18.3
2011	8.64	23.6	16.8	18.3
2013	37.2	23.6	31.8	18.3
2014	14.4	23.6	27.6	18.3
2015	8.8	23.6	25.5	18.3
2016	17.3	23.6	8.6	18.3
2017	7.1	23.6	10.9	18.3
2018	29.0	23.6	5.2	18.3
2019	9.6	23.6	15.2	18.3
2020	7.2	23.6	13.0	18.3

Source : AGER à partir des APD et des données de la DG GBTH