

République Tunisienne  
Ministère de l'Environnement  
Direction Générale de l'Environnement et de la  
Qualité de la Vie UGPO - Programme Intégré pour la Dépollution de la  
Région du Lac de Bizerte



# ANALYSE ET ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA VULNÉRABILITÉ DE LA RÉGION DU COMPLEXE LAGUNAIRE « LAC DE BIZERTE-LAC ICHKEUL » FACE AUX EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

## PHASE 2 VERSION DEFINITIVE

### PARTIE 1 : STRATÉGIE ET ORIENTATIONS STRATÉGIQUES

**COMETE Engineering**

**Octobre 2023**

Site web: <http://www.comete-group.com/>

Tél. : (+216) 31 307 800

Adresse: imm COMETE, Av. Hedi Karray, Tunis



## SOMMAIRE

<b>TITRE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTE DES ACRONYMES .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2 CONSEQUENCES PREVISIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES .....</b>	<b>6</b>
2.1 EVOLUTION DES ÉMISSIONS DES GES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES FUTURS .....	6
2.2 COMPARAISON DES SCÉNARIOS SRES ET DES NOUVEAUX SCÉNARIOS RCP.....	8
2.3 RELATION ENTRE LA TENEUR CO <sub>2</sub> DE L'ATMOSPHÈRE, L'HUMIDITÉ RELATIVE ET L'AUGMENTATION ATTENDUE DE LA TEMPÉRATURE GLOBALE LIÉE AUX CC .....	8
2.4 ELÉVATION ACCÉLÉRÉE DU NIVEAU DE LA MER (EANM) .....	9
2.5 EMISSIONS DE GES EN TUNISIE ET DANS LA ZONE D'ÉTUDE, ET PRINCIPAUX ALÉAS LIÉS AUX CC .....	11
2.6 RÉCAPITULATIF.....	14
<b>3 AXES STRATÉGIQUES POUR LA CONCRÉTISATION DE LA VISION .....</b>	<b>14</b>
3.1 DÉFINITION DES AXES STRATÉGIQUES .....	14
3.2 LA DÉMARCHE SUIVIE POUR DÉFINIR LA STRATÉGIE.....	15
3.3 AXE STRATÉGIQUE 1 : RÉHABILITATION DES FONCTIONS ÉCOSYSTÉMIQUES DU COMPLEXE LAGUNAIRE BIZERTE-ICHKEUL	20
3.3.1 <i>Objectif 1.1 : Préserver les fonctions écosystémiques marines du complexe lagunaire</i> .....	20
3.3.1.1 Perturbations observées et prévisibles .....	20
3.3.1.2 Réponses afin de favoriser la résilience de l'écosystème marin de la Lagune de Bizerte .....	21
3.3.2 <i>Objectif 1.2 : Préserver les fonctions écosystémiques terrestres</i> .....	25
3.3.2.1 Perturbations observées et prévisibles au niveau des écosystèmes et des habitats .....	25
3.3.2.2 Perturbations observées et prévisibles au niveau des espèces .....	25
3.3.2.3 Réponses afin de préserver les principales fonctions écosystémiques terrestres .....	27
3.4 AXE STRATÉGIQUE 2 : DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS POUR LA GESTION DES CONFLITS AUTOUR DE L'EAU .....	31
3.4.1 <i>Perturbations observées et prévisibles dans le domaine des eaux</i> .....	31
3.4.2 <i>Objectif 2.1 : Protection, gestion et préservation des ressources disponibles</i> .....	41
3.4.3 <i>Objectif 2.2 : Promouvoir de nouvelles technologies de mobilisation des eaux</i> .....	48
3.4.4 <i>Objectif 2.3 : Développer le potentiel en eau non conventionnelle</i> .....	51
3.4.5 <i>Objectif 2.4 : Développer et promouvoir une gouvernance spécifique de l'eau dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul</i> .....	63
3.5 AXE STRATÉGIQUE 3 : RENFORCEMENT DES CAPACITÉS D'ADAPTATION DES ACTIVITÉS SOCIOÉCONOMIQUES AUX NOUVELLES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES ET CLIMATIQUES.....	65
3.5.1 <i>Objectif 3.1 : Adapter les cultures et les systèmes cultureux aux changements climatiques et favoriser les pratiques culturelles agroécologiques</i> .....	65
3.5.1.1 Perturbations observées et prévisibles .....	65
3.5.1.2 Réponses afin de favoriser la résilience de l'écosystème de la lagune de Bizerte .....	66
3.5.2 <i>Objectif 3.2 : Favoriser l'adaptation de la pêche aux aléas climatiques</i> .....	69
3.5.2.1 Perturbations observées et prévisibles .....	69
3.5.2.2 Quelles alternatives et quels soutiens pour la pêche ? .....	69
3.5.2.3 <i>Éléments de synthèse</i> .....	70
3.5.3 <i>Objectif 3.3 : Développer les meilleures conditions pour garantir la pérennité de la conchyliculture</i> 70	70
3.5.3.1 Perturbations observées et prévisibles .....	70
3.5.3.2 Quelle adaptation pour la conchyliculture ? .....	71
3.5.4 <i>Objectif 3.4 : Favoriser le développement de nouvelles opportunités touristiques</i> .....	72
3.5.4.1 Perturbations observées et prévisibles .....	72
3.5.4.2 Adaptations et alternatives pour le tourisme actuel .....	73
3.5.5 <i>Objectifs 3.5 : Développement des Énergies Renouvelables</i> .....	74

3.5.5.1	Perturbations observées et prévisibles .....	74
3.5.5.2	Solutions proposées .....	74
3.6	AXE STRATÉGIQUE 4 : PROMOTION D'UN AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE HARMONIEUX COMPATIBLE AVEC LES SPÉCIFICITÉS NATURELLES ET SOCIOÉCONOMIQUES DE LA RÉGION.....	76
3.6.1	<i>Objectif 4.1 : Promouvoir une meilleure intégration de l'activité industrielle dans l'environnement naturel et socioéconomique de la région .....</i>	<i>76</i>
3.6.1.1	Perturbations observées et prévisibles .....	76
3.6.1.2	Solutions proposées .....	78
3.6.1.3	Solutions d'amélioration ou de remédiation.....	79
3.6.2	<i>Objectif 4.2 : Protéger et gérer convenablement le tissu urbain et les infrastructures dans la région</i> <i>80</i>	<i>80</i>
3.6.2.1	Perturbations observées et prévisibles .....	80
3.6.2.2	Solutions proposées .....	81
3.6.3	<i>Objectif 4.3 : Améliorer le transport et les infrastructures routières.....</i>	<i>84</i>
3.6.3.1	Perturbations observées et prévisibles .....	84
3.6.3.2	Solutions proposées .....	85
3.6.4	<i>Objectif 4.4 : Adaptation du littoral face aux changements climatiques .....</i>	<i>86</i>
3.6.4.1	Perturbations observées et prévisibles .....	86
3.6.4.2	Solutions proposées .....	86
3.6.5	<i>Objectif 4.5 : Gestion des déchets .....</i>	<i>87</i>
3.6.5.1	Perturbations observées et prévisibles .....	87
3.6.5.2	Solutions proposées .....	88
3.7	AXE STRATÉGIQUE 5 : MISE EN ŒUVRE D'UNE GOUVERNANCE MODERNE ADAPTÉE AUX CARACTÉRISTIQUES ET AUX DÉFIS DE LA RÉGION ET QUI SOIT ANCRÉE DANS LE TERRITOIRE .....	89
3.7.1	<i>Objectif 5.1 : Promouvoir une gestion rapprochée et concertée entre les différents intervenants dans la région .....</i>	<i>89</i>
3.7.2	<i>Objectif 5.2 : Développer une communication spécifique orientée vers les principaux acteurs actifs et influents dans la région en matière d'adaptation aux changements climatiques .....</i>	<i>89</i>
3.7.3	<i>Objectif 5.3 : Favoriser les conditions pour une meilleure résilience des femmes aux changements climatiques dans la région.....</i>	<i>91</i>
3.7.4	<i>Objectif 5.4 : Mise en place d'un programme de suivi environnemental .....</i>	<i>91</i>
3.7.4.1	Besoins d'un suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.....	91
3.7.4.2	Modèle Pression-Etat-Réponse .....	92
3.7.4.3	Périmètre et domaines du programme de suivi .....	94
3.7.4.4	Programme de suivi des fonctions écosystémiques marines du complexe lagunaire .....	98
3.7.4.5	Programme de suivi des fonctions écosystémiques terrestres .....	99
3.7.4.6	Programme de suivi dans le domaine des eaux dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte 100	
3.7.4.7	Programme de suivi des activités socioéconomiques .....	103
3.7.4.8	Programme de suivi du tissu urbain et les infrastructures dans la région.....	106
3.7.4.9	Coût pour la conception, la mise en place et l'exploitation d'un système de suivi environnemental..	106
<b>4</b>	<b>CONCLUSION, SYNTHÈSE ET ACTIONS À ENTREPRENDRE ET À DÉVELOPPER DANS LE PLAN D' ACTIONS PRIORITAIRES.....</b>	<b>108</b>
4.1	ETAT DES LIEUX, ANALYSE ACTUELLE ET PERSPECTIVE .....	108
4.2	STRATÉGIE ET ORIENTATIONS STRATÉGIQUES .....	110
4.3	PLAN D' ACTIONS PRIORITAIRES .....	112
	<b>RÉFÉRENCES CONSULTÉES.....</b>	<b>114</b>
	<b>ANNEXE 1.....</b>	<b>118</b>
	<b>ANNEXE 2.....</b>	<b>119</b>

## TITRE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Scénarios RCP conçus pour le forçage climatique en fonction des émissions des GES.....	8
<b>Tableau 2.</b> Projections des valeurs moyennes de réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXIème siècle, à l'échelle du globe.....	9
<b>Tableau 3.</b> Bilan et composition des émissions de GES et absorptions brutes de CO <sub>2</sub> en 2000 en Tunisie (unité : 1000 TE-CO <sub>2</sub> ).....	11
<b>Tableau 4 :</b> Emissions brutes de GES du Gouvernorat de Bizerte en 2000 estimées sur la base de la production spécifique de GES per capita de cette année (en 1000 TE-CO <sub>2</sub> ).....	12
<b>Tableau 5.</b> Qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes, bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte, 2017 (DGRE, 2017) ; RS ; résidu sec.....	39
<b>Tableau 6 :</b> Récapitulatif des caractéristiques des barrages.....	45
<b>Tableau 7.</b> Généralité sur le réseau d'assainissement dans le bassin du projet (ONAS, 2020).....	54
<b>Tableau 8.</b> Caractéristiques des stations de traitements des eaux usées (ONAS, 2020).....	54
<b>Tableau 9 :</b> Projection de la capacité de traitement et des volumes des eaux traitées (Mm <sup>3</sup> /an) de Gouvernorat de Bizerte.....	54
<b>Tableau 9.</b> Répartition par délégation des superficies concernées par les interventions dans le cadre de la stratégie d'adaptation des zones de cultures irriguées. ....	67
<b>Tableau 10.</b> Répartition par délégation des superficies concernées par les interventions dans le cadre de la stratégie d'adaptation des cultures en sec (grandes cultures, arboricultures, parcours et forêts) .....	67
<b>Tableau 11.</b> Principales entreprises industrielles installées dans le gouvernorat de Bizerte.	77
<b>Tableau 12.</b> Zones industrielles réparties par commune dans le gouvernorat de Bizerte. ....	77
<b>Tableau 13.</b> Domaines et indicateurs retenus pour un suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul dans son interaction avec les activités socioéconomiques dans une dynamique de mutation sous les effets des changements du climat .....	96
<b>Tableau 14.</b> Programme et activités de suivi proposées pour le maintien des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire de l'étude, face aux changements attendus du climat .....	98
<b>Tableau 15.</b> Réseau de surveillance piézométrique existant des nappes phréatiques dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte.....	102
<b>Tableau 16.</b> Réseau de surveillance piézométrique existant des nappes profondes dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte.....	103

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> A gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO <sub>2</sub> /an) en l’absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées). A droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d’aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l’aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999. ....	7
<b>Figure 2.</b> Analyse comparative des Scénarios RCP en traits pleins, et des Scénarios SRES en tirets.....	8
<b>Figure 3.</b> Elévation du niveau moyen de la mer de l’océan global et en Méditerranée mesurée à l’aide de marégraphe-altimétrie (d’après Calafat et Jorda, 2011 pour la Méditerranée, et Church et White, 2011 pour l’océan global).....	10
<b>Figure 5.</b> Augmentation de la température en été à l’horizon 2030. Cette augmentation de 0,9° pour Bizerte, est parmi les plus clémentes en zone urbaine active, de toute la Tunisie (GOPA-Exaconsult, 2007 ; MARH) .....	13
<b>Figure 6.</b> Esquisse proposée pour l’aménagement de Menzel Abderrahmane (MeHSIP-PPIF 2012) ..	22
<b>Figure 7.</b> Esquisse proposée pour l’aménagement de Menzel Jemil (MeHSIP-PPIF 2012).....	22
<b>Figure 8.</b> Localisation de Garâat Menzel Bourguiba .....	28
<b>Figure 9.</b> Localisation de la roselière du marais de l’oued Tinja .....	29
<b>Figure 10.</b> La zone lagunaire nord .....	30
<b>Figure 11.</b> Carte du risque d’inondation développée par la méthode AHP .....	33
<b>Figure 12.</b> Carte du risque d’érosion développée par la méthode AHP.....	34
<b>Figure 13.</b> Carte de risque de la salinisation des eaux souterraines dans le bassin versant du complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte .....	36
<b>Figure 14.</b> Localisation des nappes phréatiques du bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte (Cartes agricoles).....	40
<b>Figure 15.</b> Localisation des nappes profondes du bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte (Cartes agricoles).....	40
<b>Figure 16.</b> Transferts totaux des barrages au lac (D’après la DG/BGTH) .....	49
<b>Figure 17 .</b> Emplacement des stations de traitements des eaux usées dans le bassin.....	53
<b>Figure 18.</b> Situation de la STEP de Menzel Bourguiba .....	53
<b>Figure 19.</b> Sites de RA de la nappe de Ras Jebel: a) et b) Site de Sidi Guabberi, c) Un puits de surface utilisé pour la RA et d) Vanne de distribution d’eaux d’irrigation utilisées pour alimenter un puits de surface destiné à la RA (Lachaal et al., 2022).....	56
<b>Figure 20.</b> Photos de sites de recharge de la nappe d’oued Guenniche : a) Bassin El Alia, Site El Alia (Lachaal, 2018) et b) Carrière El Kharayeb, Site El Khraieb (Lachaal, 2018).....	57
<b>Figure 21.</b> La gestion intégrée des ressources en eau et ses trois E (Molle, 2014) .....	64
<b>Figure 22..</b> Zones d’intervention dans le cadre de la stratégie d’adaptation des cultures en sec, forêts et parcours .....	68
<b>Figure 23.</b> Zones d’intervention dans le cadre de la stratégie d’adaptation des périmètres de cultures irriguées.....	68
<b>Figure 24.</b> Principales zones d’intervention pour le développement touristiques.....	74
<b>Figure 25.</b> Graphique montrant le nombre d’entreprises par sous-secteur dans le gouvernorat de Bizerte (2020) .....	76

<b>Figure 26.</b> Implantation des zones industrielles dans le gouvernorat (Source : CGDR 2020).....	78
<b>Figure 27.</b> Carte de la vulnérabilité du bassin versant et des zones urbaines limtrophes aux feux de forêts .....	81
<b>Figure 28.</b> Projection des classes de vulnérabilité des zones urbaines et agricoles situées autour du système lagunaire (Rapport de la Phase 1.2, COMETE), sur un fond satellitaire de l'USGS. Les zones urbaines sont également indiquées. ....	84
<b>Figure 29.</b> Diagramme des interactions dans le cadre du modèle PER.....	93

## LISTE DES ACRONYMES

**AAO** : Association "Les Amis des Oiseaux »  
**AFI** : agence foncière industrielle  
**ANME** : l'agence nationale de maîtrise de l'énergie  
**ANPE** : Agence Nationale de Protection de l'Environnement  
**APAL** : Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral  
**AZA** : Les Zones Allouées à l'Aquaculture  
**BV** : Bassin versant  
**CC** : Changements Climatiques  
**CCNUCC** : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.  
**CES** : conservation des eaux et du sol  
**CRDA** : Commissariat Régional au Développement Agricole  
**DGBGTH** : Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques  
**DGF** : Direction Générale des Forêts  
**DPH** : Domaine Public Hydraulique  
**DPM** : Domaine Public maritime  
**DGPA** : Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture  
**DGSAM** : la Direction Générale des Services Aériens et Maritimes  
**EANM** : Élévation Accélérée du Niveau de la Mer  
**EEE** : Économie d'Énergie Électrique  
**EIE** : Etude d'Impact Environnemental  
**EUT** : Eaux usées traitées  
**GES** : Gaz à Effet de Serre  
**GDA** : Groupement de Développement Agricole  
**GIEC** : Groupe intergouvernemental d'experts du climat  
**GIRE** : Gestion des ressources en eau  
**INM** : Institut National de la Météorologie  
**IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change  
**INSTM** : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer  
**MARHP** : de l'Agriculture, des Ressources Hydriques et de la Pêche  
**MCGAO** : Mécanisme de Coordination Globale pour l'Adaptation et l'Atténuation des Effets du Changement Climatique.  
**MARHP** : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydriques et de la Pêche  
**OCDE** : Organisation de coopération et de développement économiques  
**OMS** : Organisation mondiale de la Santé  
**ONAS** : Office National de l'Assainissement  
**ONTT** : Office national du tourisme  
**OSC** : organisations de la société civile  
**OTED** : Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable  
**PADIT** : Projets d'Aménagement et de Développement Intégré des Territoires  
**PAU** : Plans d'Aménagement Urbain  
**PER** : Pression-Etat-Réponse  
**PNUD** : Programme des Nations unies pour le développement  
**PPMV** : Périmètre de Protection et de Mise en Valeur  
**PER** : Pression-État-Réponse  
**RCP** : Représentative Concentration Pathway  
**RS** : Résidu SEC  
**STEP** : Station d'épuration des eaux usées  
**STIR** : Société tunisienne des industries de raffinage  
**SONEDE** : Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux

**SRES** : Second Report on Emission Scenario  
**TECO2** : Total des émissions de dioxyde de carbone (CO2)

## RESUME

### *Changements climatiques à conséquences inéluctables dans la région*

En se basant sur les scénarios projetés quant aux émissions mondiales de gaz à effets de serre qui ne cessent de s'accroître, sur les scénarios empiriques projetés relatifs à l'évolution future du climat, et sur les recommandations de nombreuses stratégies nationales, tous les indicateurs montrent que la région du projet est sujette à de fortes conséquences des changements climatiques à l'horizon 2070 et pourraient continuer durant des décennies plus tard. Ces changements sont aptes à se manifester par une forte augmentation des températures (plus de 2°C à l'horizon 2070) en dépit de toutes mesures qui seront prises pour atténuer les conséquences de ce fléau et ses résultats catastrophiques en concordance avec les engagements du pays dans le cadre des conventions internationales (CUNUCC 1993, Protocole de Kyoto 1997, Cadre d'Action de Sendai 2015-2030 et Accord de Paris, 2016). Les effets pervers du climat se manifesteront en particulier par des successions de périodes d'inondations, mais aussi de périodes de sécheresses qui pourraient être aggravées par les pénuries d'eau, et qui toucheront tous les secteurs de la vie active. Il est donc impératif de mettre en œuvre les actions, les moyens et les mesures faisables nécessaires afin de réagir pour préserver l'intégrité des écosystèmes et pour adapter les activités socioéconomiques régionales aux nouvelles conditions de climat.

Les orientations stratégiques proposées dans ce rapport pour combattre cet événement assez global, mais à conséquences bien spécifiques comme évoqué, concordent avec les recommandations déjà proposées à l'échelle nationale proposées dans le cadre des stratégies nationales adaptation aux changements climatiques (Adaptation de l'Agriculture, Adaptation du tourisme, Protection et aménagement du littoral (EANM), Adaptation aux changements climatiques 2012).

### *Vision stratégique*

La démarche méthodologique d'élaboration du présent rapport est le fruit de l'analyse de la documentation et le diagnostic de l'état des lieux en matière de gestion des risques et des catastrophes liés aux changements climatiques. Elle repose aussi, sur la concertation avec les partenaires clés, sur le constat des enjeux majeurs et sur le choix des orientations stratégiques futures. Cette vision veut présenter une démarche de lutte proactive anticipant la mise à disposition de moyens de prévention, d'adaptation, d'atténuation des vulnérabilités pour une meilleure résilience des composantes de l'écosystème, à l'antipode de la démarche active jusqu'ici adoptée pour lutter contre tout événement pouvant engendrer des catastrophes.

Ceci permettra de répondre au mieux à ces enjeux à l'avenir notamment en ce qui concerne la résilience et l'adaptation de l'écosystème Lac Ichkeul-Lagune de Bizerte et des orientations du développement. La vision stratégique qui en découle (à l'horizon 2070 au moins) répond ainsi aux objectifs de développement durable et aux attentes des stratégies nationales en matière de développement et d'adaptation aux conséquences futures des changements du climat. Elle peut être traduite comme suit :

*“ Renforcer la résilience et l'adaptation de l'écosystème Lac-Ichkeul-Lagune de Bizerte face aux changements climatiques pour répondre à leurs enjeux, pour renforcer les structures productives et préserver l'environnement, les ressources naturelles et les vies humaines, et pour construire mieux et plus sûr à l'avenir.*

Cette vision implique la nécessité de coordonner les efforts de caractérisation et d'analyse des risques multiples subis par l'écosystème de l'étude, le suivi et la surveillance qui garantissent le renforcement de la prévention des conséquences des changements attendus du climat et des risques et catastrophes qui peuvent en découler.

### ***Orientations stratégiques et objectifs***

Les orientations (≈ axes stratégiques), les actions prioritaires et les objectifs à atteindre peuvent se classer en deux catégories. L'une technique ayant trait aux impératifs du développement sectoriel du territoire, et l'autre politique reposant sur l'échange de l'information, la coordination des efforts dans la transversalité et la prise de décision dans l'esprit d'une bonne gouvernance.

Les axes stratégiques définis peuvent être déclinés en priorités et ces dernières en actions stratégiques relatives à la préservation de l'écosystème et de ses services, et l'adéquation des orientations de développement avec les impératifs de la lutte contre les changements climatiques. Ces actions doivent ensuite être régionalisées en parfaite concertation avec les partenaires clés, pour garantir l'adéquation entre action, réalité du terrain, et impératifs du développement durable.

Ces orientations stratégiques constituent le prélude à un plan/programme d'actions concrètes et réalisables qui seront développées dans la seconde partie de la présente phase du projet. Ces orientations peuvent énumérées et décrites comme suit.

### ***Axe stratégique 1 : Réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul***

Les résultats consignés dans les rapports de la phase 1 du projet démontrent que le système lagunaire d'étude est déjà proie à des modifications généralisées de la faune, de la flore, de leurs habitats, des paramètres abiotiques, et de l'environnement de vie marin et continental. Les conséquences manifestes du réchauffement, commencent dans des perturbations (naturelles et anthropiques) de l'alimentation en eau de ces écosystèmes, mais aussi dans des conflits autour de l'usage de l'eau. Le résultat est une maximisation de plus en plus accentuée du milieu lagunaire et une sebkhanisation des zones humides côtières, avec l'introduction remarquable des espèces invasives. Il en résulte des perturbations des rendements des écosystèmes (terrestres et marins) en tant qu'habitat pour la biodiversité d'abord, mais aussi comme milieu pourvoyeur de ressources (chute du rendement de la pêche et de la conchyliculture).

Les réponses à apporter pour. L'atténuation des impacts des CC, et/ou les mesures d'adaptation proposées pour contrer ces impacts, sont la régularisation des échanges d'eau douce/eau marine à l'échelle de tout le bassin versant et la réhabilitation de l'échange via le canal de Bizerte. Il est aussi recommandé la rectification et l'aménagement des berges de la Lagune de Bizerte, la dépollution, et une gestion raisonnée de l'espace lagunaire pour le déploiement des fermes aquacoles. La lutte contre les espèces végétales invasives en milieu terrestre s'impose également, en plus de la prévention de la fragmentation de l'habitat de la faune et de la flore. La veille, le suivi et le contrôle de l'occupation de l'espace aux dépens de l'habitat de la biodiversité et notamment aux dépens des milieux humides (sebkha côtiers, lagune de Menzel Bourguiba, marais, berges de l'oued Tinja, etc.) sont nécessaires.

## ***Axe stratégique 2 : Développement des capacités pour la gestion des conflits autour de l'eau***

### **Objectif 2.1 : Protection, gestion et préservation des ressources disponibles**

Cela implique une gestion efficace de la demande en eau, en particulier dans l'agriculture, principal consommateur national (environ 84%). Les stratégies incluent l'amélioration de la législation, la tarification incitative et la sensibilisation des utilisateurs. L'économie d'eau, en mettant l'accent sur l'agriculture, est cruciale et passe par des techniques d'irrigation efficaces et la valorisation de l'eau. L'intégration de l'eau virtuelle dans la gestion des ressources, l'optimisation des échanges agricoles, et le recours à l'énergie verte pour le dessalement sont des approches essentielles. Des infrastructures de stockage, la préservation de la qualité de l'eau, la lutte contre l'érosion et l'évaporation, ainsi que la gestion des périodes de sécheresse, sont également des axes stratégiques majeurs pour garantir une utilisation durable et efficace des ressources en eau dans la région.

### **Objectif 2.2 : Promouvoir de nouvelles technologies de mobilisation des eaux**

Il est essentiel d'assurer un transfert maîtrisé des eaux à partir d'autres bassins versants et des lâchers contrôlés à partir des barrages pour alimenter le lac Ichkeul, tout en minimisant les impacts négatifs liés à la rétention d'eau. Les années 1990/1991, 2002/2003 et 2004/2005 ont illustré la possibilité de maintenir de bonnes conditions malgré des apports déficitaires. Cependant, les quantités d'eau transférées varient d'année en année, soulignant la nécessité d'une gestion flexible en fonction des conditions hydrologiques. Parallèlement, l'idée d'utiliser des barrages souterrains pour stocker l'eau est envisagée, réduisant considérablement l'évaporation par rapport aux barrages traditionnels à ciel ouvert. En outre, la récupération et la gestion des eaux de pluie sont fortement encouragées, avec des avantages écologiques, économiques et pratiques significatifs, contribuant à préserver les ressources en eau et à renforcer la résilience face aux changements climatiques. Ces mesures visent à assurer une gestion durable et efficace des ressources en eau dans la région, en tenant compte des particularités environnementales et climatiques.

### **Objectif 2.3 : Développer le potentiel en eau non conventionnelle**

Actuellement, environ 10% du potentiel mobilisable pendant une année sèche (2800 Mm<sup>3</sup>) et 6% de celui d'une année moyenne (4700 Mm<sup>3</sup>) sont représentés par les EUT, avec un taux de réutilisation directe à l'échelle nationale de 8%. Pour améliorer ce taux, plusieurs actions sont envisagées, telles que la réhabilitation des stations d'épuration, l'adoption de technologies de traitement moins énergivores, le développement des usages potentiels avec la qualité de l'eau existante, et l'implication des usagers dans l'émergence de la demande locale et le soutien des projets.

En plus d'intensifier l'irrigation avec les EUT et de créer de nouveaux périmètres irrigués, il est prévu de substituer les eaux conventionnelles par les EUT dans les périmètres existants. Les EUT peuvent également être utilisées pour la recharge artificielle des nappes phréatiques, améliorant ainsi les caractéristiques hydrodynamiques des eaux souterraines. Des traitements tertiaires, tels que la microfiltration, l'ultrafiltration, et la filtration sur milieu granulaire, permettent d'obtenir des eaux réutilisables pour divers usages comme l'irrigation.

Dans la région de Bizerte-Ichkeul, qui produit un volume important d'EUT (14.1 millions de m<sup>3</sup> par an), des sites de recharge artificielle des nappes sont identifiés, comme les anciennes carrières de sable et la forêt de Jbel Rimel. Ces sites peuvent contribuer à renforcer la recharge des nappes surexploitées de Guenniche et de Ras Jebel. En parallèle, il est essentiel de créer des Groupements de Développement Agricole (GDA) dédiés à la gestion et à

l'entretien des périmètres d'irrigation et des sites de recharge par les EUT, afin d'assurer un suivi adéquat et une pérennisation des projets.

Parallèlement, la stratégie nationale encourage le dessalement des eaux saumâtres et marines. La Tunisie dispose d'environ 100 stations de dessalement de différentes tailles, principalement utilisées dans le Sud où les ressources en eau sont rares. Cependant, compte tenu de l'augmentation de la demande en eau à l'échelle nationale, le dessalement peut être envisagé dans la région de Bizerte-Ichkeul pour répondre aux besoins domestiques et libérer ainsi des ressources conventionnelles pour d'autres secteurs.

**Objectif 2.4 : Développer et promouvoir une gouvernance spécifique de l'eau dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.**

Pour instaurer une gouvernance spécifique de l'eau dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul, il est primordial de mettre en place un programme intégré de gestion des ressources en eau (GIRE). Ce programme doit reposer sur une approche participative, impliquant activement les usagers, planificateurs et décideurs pour favoriser leur appropriation et leur responsabilisation. Une gestion durable des ressources en eau, notamment la gestion des périmètres irrigués par les agriculteurs, doit être promue, renforçant ainsi la durabilité et la responsabilité sociale dans l'utilisation des ressources. Dans cette démarche, le rôle central des femmes dans la provision, la gestion et la préservation de l'eau doit être reconnu et valorisé. Il est crucial d'améliorer la qualité des eaux usées traitées par le biais de la réhabilitation des stations de traitement, garantissant ainsi un approvisionnement en eau de qualité pour tous les acteurs impliqués. En outre, pour assurer le succès de ces initiatives, la création d'une institution dédiée à la gestion de la demande des ressources en eau dans la région est recommandée. Cette institution devrait réunir tous les acteurs du bassin versant et coordonner avec d'autres institutions responsables du secteur de l'eau, assurant ainsi une gestion intégrée, concertée et efficiente des ressources en eau. Les revenus de vente d'eau constitueraient la principale source de financement de cette institution, complétée par d'autres bailleurs de fonds tels que les collectivités locales, le gouvernement et des partenariats public-privé. Ses missions engloberaient la coordination, la subvention, la taxation contrôlée, l'amélioration de la connaissance des ressources en eau, entre autres actions visant une gestion responsable et durable de l'eau.

***Axe stratégique 3 : Renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques***

**Objectif 3.1 : Adapter les cultures et les systèmes culturels aux changements climatiques et favoriser les pratiques culturelles agroécologiques**

Face aux défis posés par les changements climatiques sur l'agriculture dans le complexe lagunaire de Bizerte, il est impératif d'agir de manière proactive et intégrée pour assurer la résilience de l'écosystème. L'adaptation des cultures et des pratiques culturelles agroécologiques émerge comme des axes stratégiques clés.

Dans cette optique, il est crucial d'accentuer les efforts visant à adapter les cultures et les systèmes culturels aux nouvelles conditions climatiques. Cela implique une réorientation des cultures vers des options plus résilientes, telles que la promotion des légumineuses en association avec les céréales pour préserver la fertilité du sol et accroître la productivité. De même, la réduction de la culture du blé tendre au profit de l'orge et du blé dur s'avère pertinente pour faire face aux vulnérabilités spécifiques de chaque culture.

Parallèlement, encourager la diversification des cultures, notamment en faveur des cultures fourragères et de l'oléiculture en mode biologique, est essentiel pour atténuer l'impact des

changements climatiques. L'introduction de variétés et de races locales mieux adaptées peut jouer un rôle majeur dans la préservation de la biodiversité et la résilience des systèmes agricoles.

De plus, l'adoption de pratiques culturales agroécologiques doit être au cœur des mesures d'adaptation. Cela inclut la mise en place de techniques de conservation des sols pour protéger les cultures en pente, ainsi que la promotion de l'agriculture de conservation et de l'agriculture biologique. Ces pratiques respectueuses de l'environnement renforcent la biodiversité, améliorent l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments, et contribuent à une production végétale durable.

### **Objectif 3.2 : Favoriser l'adaptation de la pêche aux aléas climatiques**

Dans la perspective de favoriser l'adaptation de la pêche aux aléas climatiques dans la Lagune de Bizerte et le lac Ichkeul, plusieurs défis et opportunités se dessinent. L'élévation des températures et du niveau de la mer affectera la pêche, modifiant les schémas de recrutement et de migration des espèces. La pêche artisanale côtière, souvent doublée par une pêche récréative, devra s'ajuster pour faire face à ces changements. La préservation des ressources vivantes, l'aménagement des infrastructures de pêche, et le maintien des échanges d'eau avec la mer via des systèmes naturels et des ouvrages de maîtrise apparaissent comme des mesures cruciales pour assurer la pérennité de l'activité halieutique tout en minimisant les risques liés au changement climatique, notamment les potentielles épizooties et le déclin des stocks d'anguilles.

### **Objectif 3.3 : Développer les meilleures conditions pour garantir la pérennité de la conchyliculture**

La conchyliculture est l'une des activités les plus fortement affectées par le changement climatique en raison de son ancrage dans des installations fixes (en filière ou sur tables). Le réchauffement des eaux constitue un facteur limitant sérieusement menaçant cette activité. Plusieurs cas de mortalités massives de moules sont enregistrés, surtout pendant les périodes de températures élevées en été.

Afin de faire face à ces défis, des adaptations essentielles sont nécessaires, notamment un réajustement spatial des activités conchylocoles et une révision des densités. La conchyliculture devrait être redistribuée en tenant compte de l'évolution de l'écosystème et de sa productivité. Cela nécessitera une harmonisation entre les Zones Allouées à l'Aquaculture (AZA) et la Planification Spatiale Maritime.

Le réarrangement spatial des activités conchylocoles implique une révision du lotissement établi par les gestionnaires, avec une concentration de l'activité vers des zones plus appropriées, comme le Nord-Est de la lagune. Il est également crucial de déterminer la capacité de charge de la lagune pour les projets aquacoles et de proposer un zonage basé sur la méthodologie des AZA.

En outre, il est envisagé de transposer les filières vers des sites en mer pour atténuer les impacts du changement climatique sur les eaux côtières. Il est également essentiel d'adopter des mesures pour lutter contre les espèces invasives, diversifier les espèces conchylocoles par la vénériculture, en particulier dans la zone de Chaara, et développer de nouvelles activités d'économie bleue.

Parmi ces nouvelles activités, le pescatourisme et l'ittitourisme offrent des opportunités prometteuses en fournissant des niches d'emplois et en contribuant à la sensibilisation et à la compréhension du monde de la pêche et de la conchyliculture. Ces approches contribueront

à stabiliser la production et la productivité tout en soutenant les communautés maritimes dans un contexte de changement climatique.

### **Objectif 3.4 : Favoriser le développement de nouvelles opportunités touristiques**

Les changements climatiques, avec leurs aspects positifs et négatifs, influenceront le tourisme de diverses manières, du caractère saisonnier de la demande aux altérations des écosystèmes et paysages. La région du Lac Bizerte pourrait bénéficier de conditions météorologiques plus attractives, modifiant les saisons touristiques et encourageant davantage de touristes à visiter pendant les intersaisons ou l'hiver. Cependant, les impacts négatifs sur la biodiversité et les écosystèmes spécifiques de la région nécessitent une adaptation soignée. Il est crucial de protéger les infrastructures touristiques littorales contre l'élévation du niveau de la mer et de valoriser l'ambiance climatique attractive de la région par la diversification de l'offre touristique, la préservation de la biodiversité, et l'amélioration de l'accueil touristique. L'intégration des sites du complexe dans des circuits touristiques bien planifiés est également soulignée comme une stratégie clé pour le développement touristique futur.

### **Objectifs 3.5 : Développement des Énergies Renouvelables**

L'objectif 3.5 se concentre sur la réduction de la dépendance persistante aux combustibles fossiles dans la région de Bizerte-Ichkeul, ainsi que sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre associées. La transition vers les énergies renouvelables, telles que le solaire, l'éolien, l'hydroélectricité et la biomasse, est un moyen essentiel de parvenir à cette réduction. Ces sources d'énergie, abondantes, locales et durables, permettent de produire de l'énergie propre tout en minimisant les impacts environnementaux négatifs. L'installation de centrales photovoltaïques flottantes sur le lac de Bizerte est une initiative majeure visant à réduire l'utilisation de terres précieuses tout en exploitant une ressource solaire abondante et disponible localement. De plus, le couplage intelligent des centrales solaires avec des activités agricoles permet de maximiser l'utilisation des terres, de générer de l'électricité et de soutenir le secteur agricole tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Ces approches innovantes visent à réduire l'impact environnemental tout en contribuant à la satisfaction des besoins énergétiques de manière durable et responsable.

### **Axe stratégique 4 : Promotion d'un aménagement du territoire harmonieux compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région**

#### **Objectif 4.1 : Promouvoir une meilleure intégration de l'activité industrielle dans l'environnement naturel et socioéconomique de la région**

L'objectif 4.1 vise à intégrer efficacement l'activité industrielle dans la région de Bizerte en Tunisie tout en préservant l'environnement naturel et socioéconomique. En 2020, cette région se distingue par sa diversité industrielle, comptant environ 244 entreprises opérationnelles, majoritairement actives dans le textile et l'habillement. Ces industries jouent un rôle majeur dans l'emploi local, occupant 28,14% de la population active. Cependant, les changements climatiques posent des risques tels que les inondations et les canicules, affectant directement le secteur. Pour y faire face, des mesures sont recommandées, notamment une révision de la planification des zones industrielles et une adaptation des infrastructures pour réduire les impacts climatiques. En outre, il est crucial de contrôler et réduire les émissions de gaz à effet de serre, principalement générées par l'industrie du ciment, les activités aériennes et maritimes, ainsi que le stockage et la transformation des hydrocarbures. Malgré les défis mondiaux, des initiatives locales peuvent être prises, telles que la conversion des véhicules au carburant propre et l'introduction progressive de véhicules électriques dans le transport. Il

est essentiel de promouvoir une approche collaborative entre les acteurs clés pour des actions adaptées et durables.

#### **Objectif 4.2 : Protéger et gérer convenablement le tissu urbain et les infrastructures dans la région**

L'objectif 4.2 vise à protéger et gérer de manière adéquate le tissu urbain et les infrastructures dans la région de Bizerte face aux perturbations actuelles et futures induites par le changement climatique. Le changement climatique augmente la chaleur dans les villes, intensifie les événements extrêmes et aggrave les conflits liés aux ressources naturelles. La ville de Bizerte est particulièrement touchée par l'îlot de chaleur urbain. Des solutions sont proposées, telles que la protection de zones vulnérables, la régulation de l'extension urbaine, la promotion de l'activité du port de Menzel Abderrahman, l'amélioration de l'accessibilité via un nouveau pont, et la gestion responsable de l'activité industrielle en tenant compte des risques climatiques et de l'impact sur la lagune de Bizerte.

#### **Objectif 4.3 : Améliorer le transport et les infrastructures routières**

Les retombées de cette élévation incluent la submersion d'infrastructures côtières, la menace pour les infrastructures d'évacuation et l'intrusion d'eaux salines dans les nappes phréatiques. Les solutions proposées consistent en la mise en valeur de l'accessibilité du lac de Bizerte par l'amélioration des routes et la construction de nouvelles voies, la prévision d'une voie de contournement pour faciliter la circulation entre les villes riveraines, et l'amélioration des voies d'accès existantes au plan d'eau en veillant à réduire les obstacles physiques, à installer des équipements légers et à améliorer les infrastructures pour favoriser l'accès et le confort des visiteurs.

#### **Objectif 4.4 : Adaptation du littoral face aux changements climatiques**

Les perturbations observées et prévisibles incluent le risque d'élévation du niveau de la mer, menaçant les infrastructures côtières et la zone industrielle de Menzel Jemil. Les solutions proposées comprennent l'aménagement et la construction en retrait par rapport aux zones submersibles côtières, en tenant compte de l'élévation potentielle du niveau de la mer d'ici 2100. Il est également recommandé de simuler hydrodynamiquement les ouvrages et les modifications dans le transit sédimentaire côtier lors du renforcement de la zone côtière par des digues ou la construction d'esplanades côtières. De plus, il est souligné l'importance de régulariser et de réviser les schémas directeurs d'aménagement, régionaux et locaux, pour garantir un aménagement côtier résilient et adapté aux risques futurs liés aux changements climatiques.

#### **Objectif 4.5 : Gestion des déchets**

La gestion des déchets présente des lacunes dans la gouvernance et la performance, ne répondant pas aux normes de propreté souhaitées. La gestion des installations dédiées aux déchets reste imparfaite, et l'intégration des déchets dans l'économie circulaire est limitée malgré de grandes opportunités. Les déchets organiques sont peu valorisés, et la réduction des déchets n'est pas priorisée. Environ 70% des déchets ménagers collectés sont actuellement enfouis. Le principe du pollueur payeur n'est pas pleinement appliqué, et les citoyens ne prennent pas suffisamment de responsabilité dans la gestion des déchets, favorisant le secteur informel.

Les solutions proposées reposent sur cinq piliers :

- Gestion intégrée : Mettre fin aux pratiques sectorielles en adoptant une approche globale prenant en compte toute la chaîne de valeur.

- Économie circulaire : Intégrer la gestion des déchets dans ce modèle pour réduire la consommation de ressources naturelles.
- Renforcement des capacités municipales : Développer les moyens des municipalités et promouvoir la gestion intercommunale des déchets.
- Protection de l'environnement : Réduire les pressions environnementales dues à une gestion inadéquate des déchets.
- Amélioration de la qualité de vie : Optimiser la gestion des déchets pour améliorer la qualité de vie, notamment en milieu urbain.

Des actions concrètes sont en cours, comme la réhabilitation de la décharge de Menzel Bourguiba et la création d'une agence intercommunale des déchets pour favoriser le tri, la valorisation et promouvoir une économie circulaire.

***Axe stratégique 5: Mise en œuvre d'une gouvernance moderne adaptée aux caractéristiques et aux défis de la région et qui soit ancrée dans le territoire***

**Objectif 5.1 : Promouvoir une gestion rapprochée et concertée entre les différents intervenants dans la région**

Les actions proposées dans les différents axes stratégiques sont variées et impliquent de nombreux acteurs, nécessitant ainsi une modalité de gouvernance appropriée pour garantir leur réussite et durabilité. Cette gouvernance devra favoriser une dynamique intercommunale pour assurer la faisabilité des projets. Dans la prochaine phase de l'étude, un rapprochement entre les acteurs locaux et régionaux sera réalisé pour approfondir la concertation et décider collectivement du dispositif de gouvernance à mettre en place.

**Objectif 5.2 : Développer une communication spécifique orientée vers les principaux acteurs actifs et influents dans la région en matière d'adaptation aux changements climatiques**

il est impératif de cibler spécifiquement les acteurs clés tels que les agriculteurs, pêcheurs, industriels, ainsi que les décideurs politiques et les représentants de la société civile. Ces acteurs jouent un rôle vital dans l'adaptation face aux défis climatiques. Les messages et produits de communication doivent être élaborés avec soin, basés sur une solide compréhension des changements climatiques, visant à influencer positivement les attitudes et les pratiques de ces acteurs. Ces messages doivent être appuyés par des exemples concrets de bonnes pratiques et d'initiatives réussies. Ensuite, ces messages doivent être diffusés via divers canaux de communication, tels que les médias locaux et régionaux, les écoles et les organisations de la société civile. En touchant ces acteurs par le biais de canaux appropriés, on peut sensibiliser de manière efficace à l'adaptation aux changements climatiques. Enfin, pour encourager un apprentissage continu et la mise en œuvre d'initiatives efficaces, la création d'un centre de gestion des connaissances dédié à l'adaptation aux changements climatiques serait une stratégie centrale, permettant le stockage, le développement et le partage de données, d'informations et de connaissances essentielles dans la région de Bizerte.

**Objectif 5.3 : Favoriser les conditions pour une meilleure résilience des femmes aux changements climatiques dans la région**

Dans la région de Bizerte, comme ailleurs, les femmes sont particulièrement touchées par les changements climatiques, ce qui amplifie les inégalités entre les sexes. Elles dépendent davantage des ressources naturelles tout en ayant moins accès à celles-ci. Les femmes assument souvent une charge disproportionnée dans la gestion des ressources vitales comme l'eau, la nourriture et les combustibles, et l'agriculture est un secteur majeur d'emploi pour

elles. Les changements climatiques compliquent davantage leurs tâches et accroissent leur charge de travail, ce qui peut avoir un impact sur l'éducation des filles. La Tunisie a récemment mis en place une stratégie nationale "Femmes et Changements Climatiques" pour réduire l'impact de ces changements sur les femmes, en particulier en milieu rural, et renforcer leur autonomisation économique. Cette stratégie est mise en œuvre en partenariat avec le ministère de l'Environnement et le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD). Dans la région de Bizerte, des programmes spécifiques doivent être développés pour accompagner les femmes, qui représentent une part importante de la main-d'œuvre agricole, dans leurs nouvelles conditions de travail et de gestion de leur environnement, et des groupements féminins de développement sont également encouragés.

#### **Objectif 5.4 : Mise en place d'un programme de suivi environnemental**

L'objectif 5.4 vise à établir un programme de suivi environnemental pour le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul, prenant en compte les interactions entre les composantes naturelles et socioéconomiques, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines et les changements climatiques. Quatre aspects fondamentaux guident cette initiative : l'état qualitatif et quantitatif des composantes naturelles, les pressions exercées par les activités humaines, les réponses de la société pour atténuer ces pressions, et les effets des changements climatiques. Un modèle clé dans ce programme est le modèle Pression-État-Réponse (PER) développé par l'OCDE, qui analyse les interactions entre les activités humaines, l'environnement et les réponses de la société pour préserver l'environnement.

Le programme de suivi environnemental couvrira plusieurs domaines, incluant l'état des ressources naturelles et des écosystèmes, les services écosystémiques rendus aux activités socioéconomiques, les pressions exercées par des secteurs tels que l'agriculture et la pêche, les réponses apportées par la société pour améliorer l'état de l'environnement, ainsi que l'évolution du climat dans la région. Ces indicateurs visent à évaluer les progrès en matière d'environnement, à intégrer les préoccupations environnementales dans les politiques sectorielles et à promouvoir la durabilité économique tout en tenant compte des changements climatiques.

La mise en place de ce programme de suivi environnemental est essentielle pour anticiper et réagir aux effets des changements climatiques, en fournissant des données précieuses pour orienter les politiques environnementales et socioéconomiques dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul

#### ***Conclusion, synthèse et actions à entreprendre et à développer dans le plan d'actions prioritaires***

La région de Bizerte, notamment le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul, abrite un écosystème complexe et fragile, soumis à des pressions humaines croissantes et aux défis émergents des changements climatiques. L'étude vise à proposer des orientations stratégiques pour renforcer l'adaptation de cet écosystème et des activités socio-économiques.

Les principaux défis climatiques à venir incluent l'augmentation de la température, le déficit de précipitations et l'élévation du niveau de la mer. Ces changements auront un impact significatif sur les écosystèmes et les activités socioéconomiques de la région.

Pour faire face à ces défis, cinq axes stratégiques et dix-sept objectifs ont été définis, visant la réhabilitation des écosystèmes, la gestion des ressources en eau, l'adaptation des activités économiques, un aménagement harmonieux du territoire et une gouvernance adaptée.

Le plan d'actions prioritaires, structuré autour de quinze actions, propose des mesures pour la protection de l'environnement, l'adaptation des activités socioéconomiques aux changements

climatiques, des actions de soutien et d'appui, ainsi que des propositions pour une gouvernance et planification efficaces.

# 1 INTRODUCTION

## Rappel des résultats de première phase

Conformément aux TdRs, celle-ci a été scindée en deux parties qui ont fait l'objet de deux rapports distincts :

**Partie 1.1:** destinée à la reconnaissance de l'état des lieux, elle a permis de mettre le complexe lagunaire et son vaste bassin versant dans son contexte naturel, urbain et socioéconomique.

Depuis l'indépendance, l'écosystème étudié et la plupart de ses parties (lac, lagune) continuent à subir la pression anthropique exercée par les activités de pêche et portuaires, les rejets d'eaux usées, les accumulations de déchets divers, et des activités industrielles de proue (STIR, El Fouledh, cimenterie de Bizerte, etc.). Ceci a conduit à des manifestations sans précédent de pollution urbaine et marine. La construction de toute une batterie de barrages sur les oueds alimentant le Lac Ichkeul (oueds Maleh, Douimiss, Sejnène, Joumine, Ghézala, Tine, Guezini-Jalta), avait également conduit à un déséquilibre hydrique total de ce lac, et à une perturbation majeure inéluctable des échanges vitaux d'eau douce avec la Lagune de Bizerte via le Canal de Tinja.

Cette intervention anthropique/technologique majeure sur les écoulements et sur l'équilibre naturel des écosystèmes, s'effectue dans un contexte de déficit hydrique marqué et une activité industrielle remarquable génératrice de GES. De ce fait, les changements attendus du climat au cours de ce siècle peuvent avoir des conséquences graves sur l'équilibre environnemental de l'écosystème.

Cette partie a aussi permis d'établir le bilan des connaissances écologiques et la mise en évidence des principaux effets des changements climatiques sur les composantes naturelles par rapport à la période de référence 1961-1990. Ceci a conduit à caractériser le bassin versant, les conditions climatiques locales, la nature des sols et leur vulnérabilité à l'érosion, mais aussi le zonage des milieux propices à des écoulements saisonniers et ceux sujets à des risques de stagnation des eaux pluviales, l'envasement des barrages, la morphologie, la dynamique côtière et la sédimentation du système lagunaire, et l'envasement du Lac Ichkeul, l'écoulement et les apports solides dans la Lagune de Bizerte. La problématique de l'accroissement de la demande en eau et l'évolution des ressources en eau souterraine (nappes phréatiques et nappes profondes).

L'analyse du contexte local a ainsi permis d'établir le bilan des connaissances écologiques et mettre en évidence les principaux effets des changements climatiques sur les composantes naturelles par rapport à la période de 1961-1990.

Cette reconnaissance de terrain et analyse de l'état de l'écosystème a permis de dégager les problématiques majeures de la zone d'étude en rapport avec les changements climatiques :

- Bilan des activités socioéconomiques et mise en évidence des principaux effets des changements climatiques constatés sur les activités humaines
- La durabilité des activités agricoles et effets des changements climatiques
- Les impacts du changement du climat sur le tourisme et sur le patrimoine archéologique et historique
- La modification du régime climatique particulièrement au niveau de la température et des précipitations qui peut se traduire par le stress hydrique et un changement dans la dynamique sédimentaire et hydraulique du complexe lagunaire.

- L'élévation accélérée du niveau moyen de la mer dans la zone marine et lagunaire et risque d'inondation des agglomérations alentours, en plus de la perte de terrains et de biodiversité par la submersion marine.
- La réduction et la dégradation des habitats, mais aussi l'érosion et la perturbation de la biodiversité continentale et marine.
- La perturbation des pratiques de l'agriculture notamment par la succession d'années de sécheresse pouvant être cause d'amenuisement des récoltes.
- La perturbation des pratiques de pêche et de conchyliculture par la salinisation des eaux et les changements attendus dans la dynamique sédimentaire et hydraulique du système lagunaire.
- La consultation des partenaires affectés et/ou intéressés dans la présente étude faisant partie du grand Projet " Dépollution du Lac de Bizerte " (Ecopact), et les personnes sources ont aussi été approchés dans le cadre de réunions pour s'informer d'une part de leurs intérêts dans la présente étude et pour recueillir auprès d'eux tous signes émergents d'effets potentiels des CC pouvant présenter un lien avec la vulnérabilité des composantes de cet écosystème.

Tous les résultats et informations auprès de personnes sources ont permis de dégager les signes tout au moins avant-coureurs des changements du climat dans la zone. Il est apparu que la plupart des interlocuteurs saisissent mieux la relation entre la dégradation de l'état des lieux et la pollution excessive et manifeste notamment de la Lagune de Bizerte. Les informations recueillies sur la pêche, l'aquaculture, les rendements agricoles, etc., traduisent aussi bien les prémices des impacts des CC sur l'écosystème que les impacts de polluants.

**Partie 1.2 :** elle est destinée à la reconnaissance potentielle des effets existant des CC sur l'écosystème, mais aussi la cartographie des cartes de vulnérabilité et des risques récapitulant les impacts potentiels futurs associés aux changements attendus du climat.

Les données recueillies auprès de sources de confiance, les données de littérature et les méthodes modernes de compilation numérique (géomatique) ont servi de base à l'élaboration d'une analyse et une évaluation du risque lié à la vulnérabilité des composantes de l'écosystème, activités socio-économiques associés, urbanisation et réseaux structurants. Il est tiré profit à la fois de documents satellitaires, de cartes thématiques diverses usuelles, de bases de données nationales et outre-mer, pour parfaire la cartographie spatiale des aléas, des vulnérabilités et des risques recherchés par thématique naturelle (morphologie, biodiversité, météorologie, climatologie, etc.) et surtout par secteur des activités socio-économiques (agriculture, pêche et aquaculture ; ressources en eau de surface et souterraines, etc.) et stratégie d'architecture urbaine et réseaux structurants.

S'agissant d'une évaluation des risques occasionnés par des aléas CC en lien avec des vulnérabilités mesurées et des enjeux en découlant avec la prospective d'orienter la définition et le développement des principales orientations (axes) stratégiques et plans d'actions associés à mettre en œuvre pour pallier les effets pervers des CC. La démarche vise la recherche de mesures bien définies et bien évaluées, faciles, fiables et applicables, sélectionnées sur la base de critères quantifiés en fonction des politiques nationales, l'avis des partenaires sociaux et leur acceptabilité surtout en termes de modalités de mise en œuvre du plan d'actions projeté, de coût de mise en œuvre, de disponibilité de fonds d'investissement, etc.

Le cadre conceptuel de cette partie de l'étude introduit l'analyse géomatique des aléas, des vulnérabilités, des risques, et de l'exposition en appliquant les méthodes de traitement des données géo-référencées et équations pratiquées par les géomaticiens pour construire des spatio-cartes. La carte d'aléa ou celle de vulnérabilité est calculée par la combinaison de

plusieurs contraintes (topographe, pente, pluviométrie, nature du sol, vitesse du vent, densité du réseau de drainage, occupation des sols, etc.) dans chaque cas, dont le choix est laissé à l'appréciation du spécialiste. La carte de risque est établie par combinaison (multiplication numérique) des deux cartes d'aléa et de vulnérabilité pour chaque thématique (érosion, inondation, EANM, salinisation des aquifères, classement des zones à biotopes hôtes de vecteurs de maladies, feux de forêt, érosion hydrique, etc.). La carte d'exposition pouvant être variable peut aussi être intégrée dans le calcul de manière similaire.

Par commodité, les classes d'aléas, de vulnérabilité et de risque mais aussi celles des contraintes de base, sont également réparties, sauf rares exceptions, en fonction de leur intensité/gravité entre 1 : Très faible, 2. Faible, 3. Moyen, 4. Fort et 5. Très fort. Il s'agit au fond de l'expression attribuée pixel par pixel à l'intensité/gravité de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque, ce qui facilite la multiplication des cartes en mode Raster, même si cette multiplication peut se faire aussi en mode Vectoriel.

La problématique de l'élévation du niveau moyen de la mer est aussi abordée. Sachant que d'après les études, le niveau moyen de l'océan Mondial a augmenté de 20 cm environ de 1900 à 2008, la vitesse de cette augmentation est aujourd'hui mesurée par marégraphe et par altimétrie satellitaire (depuis 1993) à environ 1,8 mm/an. L'accélération du réchauffement peut accélérer cette élévation, mais avec un retard dans le temps encore non maîtrisé (dilatation thermostérique). Par contraste, il est prouvé que le niveau de la mer Méditerranée n'augmente que de 0,6 mm/an, surtout en Méditerranée de l'Est. Cette augmentation est étroitement contrôlée par la salinité des eaux et surtout par la pression exercée par les cyclones pratiquement stationnaires au mois saisonnièrement à certains endroits de la Méditerranée.

Les principaux résultats basés notamment sur la cartographie des vulnérabilités et des risques ont été dégagés pour les différentes composantes de l'écosystème :

- Composantes marines physiques et biologiques ;
- Composantes terrestres physiques et biologiques ;
- Composante hydraulique
- Aquifères phréatiques
- Urbanisation, infrastructures et équipements collectifs
- Risques liés à la vulnérabilité de l'agriculture face aux CC

Sur la base de l'existant, l'analyse SWOT indique les enjeux liés aux CC, les plus importants englobent : la nécessité d'une synergie avec les autres stratégies nationales, une meilleure gestion des ressources de l'écosystème, le suivi et sauvegarde de l'hygiène et de l'environnement, d'asseoir des piliers de lutte contre les risques majeurs liés aux CC tous secteurs confondus, une meilleure éducation du citoyen pour affronter le risque, la capitalisation du savoir-faire, etc.

### **Changements attendus du climat**

Pour de nombreux auteurs, le réchauffement du système climatique est aujourd'hui inéluctable et entraînera des conséquences qui risquent de s'amplifier dans le futur. Selon les scénarios climatiques du Groupe intergouvernemental d'experts du climat (GIEC), les changements climatiques s'amplifieront au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle, et malgré le fait que tout est programmé pour être mis en œuvre en vue de réduire les émissions de GES dans l'atmosphère, ces changements devraient se poursuivre durant des siècles futurs, dépendant de la durée de vie de ce type de gaz dans l'atmosphère.

Les changements pervers du climat auront de nombreuses conséquences négatives tant pour la santé et la sécurité des populations, pour l'environnement bâti et les écosystèmes, que pour la plupart des secteurs socio-économiques. A cet égard, les retombées seront les plus néfastes pour les économies et les contextes environnementaux des pays en cours de développement. Dès lors, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et l'adaptation aux changements climatiques constituent le meilleur moyen de protéger l'environnement naturel et bâti et les écosystèmes, et permettront de réduire la vulnérabilité des générations actuelles et futures aux impacts des changements climatiques.

Voyant par ailleurs la diversité et le caractère local ou régional des conséquences et de la particularité des mesures d'adaptation à appliquer, les interventions des pouvoirs publics en milieu urbain et rural doivent jouer un rôle capital en matière d'adaptation aux changements climatiques.

### **Stratégie d'adaptation aux changements climatiques**

La présente étude expose les principales actions stratégiques visant à augmenter la résilience des écosystèmes, des communautés et des activités socio-économiques dans le bassin versant et alentours du système lagunaire Lac Ichkeul-Lagune de Bizerte à l'égard des changements climatiques. Elle définit les grandes orientations stratégiques et leurs objectifs prioritaires en fonction des risques encourus par les différentes composantes de l'écosystème et par la société, liés à ces changements. Il s'agit aussi de mettre en exergue les principaux enjeux et les actions nécessaires à programmer pour renforcer l'adaptation et informer le public et les politiques des conséquences futures de ce phénomène.

### **Climat actuel et projections futures**

Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle et durant les premières décennies du XXI<sup>ème</sup> siècle, le climat en Tunisie et dans la région d'étude a évolué de façon assez significative. Avec une augmentation de la température moyenne de l'ordre de 2°C au XX<sup>ème</sup> siècle, et une augmentation à tendance similaire, sinon plus forte, au cours des dernières décennies, il est pratiquement assuré que les températures journalières moyennes continueront à augmenter à un rythme d'au moins 0,2°C à 0,3°C par décennie.

D'après une étude récente de l'INM sur 27 stations météorologiques du pays, l'augmentation de la température minimum minimale de 1,3°C environ, constitue un signe frappant des conséquences du réchauffement climatique<sup>1</sup>. Ce réchauffement semble nettement plus marqué à l'intérieur des terres que sur les côtes.

D'après les études accomplies, la tendance globale du climat en Tunisie est au réchauffement continu à l'avenir sur l'ensemble du territoire, de façon plus marquée en hiver qu'en été, et nettement plus au Sud qu'au Nord, avec le doublement potentiel de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère à l'horizon 2050, les températures en hiver seraient amenées à augmenter de presque 1,5°C environ, et pratiquement du double à l'horizon 2100, soit environ 3°C.

En été, les hausses de température s'accompagneraient de canicules fréquentes sur l'ensemble du pays, alors que les périodes hivernales se réduiraient sensiblement. Ces changements climatiques se traduiront aussi par des événements météorologiques extrêmes (canicules, tempêtes hivernales, vents violents et tornades, pluies diluviennes et inondations, etc.) plus fréquents et plus intenses. Ces événements pourront engendrer de multiples aléas

---

<sup>1</sup> Cf. INM, Sous-Direction de la Climatologie, 2023 : Bulletin climatologique de l'hiver 2022-2023.

(inondation, érosion, submersion marine, sécheresse, pénurie d'eau,) et donc être à l'origine de catastrophes naturelles.

Ces changements climatiques auront ainsi une influence déterminante sur les écosystèmes naturels, sur la biodiversité, sur les activités socioéconomiques et même sur la santé et la sécurité des personnes. Il y a donc réellement urgence de mettre en œuvre les mesures nécessaires qui permettront de renforcer la résilience des écosystèmes, des hommes, de leurs biens et activités, et de la diversité biologique aux conséquences des changements climatiques, et d'améliorer leur adaptation continue à ces changements.

Dans cet objectif, les résultats des observations et analyses des conséquences des changements climatiques attendus sur le système lagunaire étudié, qui ont été développés dans les rapports précédents, offrent l'opportunité de proposer un certain nombre d'orientations stratégiques et des mesures adaptatives qui sont de nature à renforcer la résilience face aux changements futurs du climat.

### **Vision stratégique**

La démarche méthodologique d'élaboration du présent rapport repose sur l'analyse de la documentation et le diagnostic de l'état des lieux en matière de gestion des risques et des catastrophes liés aux changements climatiques, sur la concertation avec les partenaires clés, sur le constat des enjeux majeurs et sur le choix des orientations stratégiques futures. Ceci permettra de répondre au mieux à ces enjeux à l'avenir notamment en ce qui concerne la résilience et l'adaptation de l'écosystème Lac Ichkeul-Lagune de Bizerte et des orientations du développement.

Les principales stratégies nationales visant l'adaptation au changement du climat, mais aussi les engagements de la Tunisie sont considérés en rapport avec les conventions, protocoles et accords internationaux dans le domaine (Conventions de Rio, Protocole de Kyoto, Accord de Paris, Cadre d'Action de Sendai 2015-2030 pour la réduction des Risques de catastrophes, etc.).

La vision stratégique à l'horizon 2070 de la présente étude qui répond ainsi aux objectifs et attentes des stratégies nationales en la matière peut être exprimée comme suit :

**Promouvoir les conditions d'adaptation aux effets des changements climatiques dans la région de Bizerte à travers la réhabilitation des principaux écosystèmes, le développement d'activités socioéconomiques concordantes avec les spécificités écologiques et climatiques de la région dans une dynamique de gestion et de gouvernance performante et durable répondant aux aspirations de la population.**

Cette vision implique la nécessité de coordonner les efforts de caractérisation et d'analyse des risques multiples subis par l'écosystème d'étude, le suivi et la surveillance qui garantissent le renforcement de la prévention des conséquences des changements du climat et des risques et catastrophes qui peuvent en découler. Il s'agit aussi d'améliorer la résilience de la société, des activités économiques et de l'œuvre de développement face aux risques attendus, afin d'aider à la réalisation des objectifs du développement durable et des engagements

internationaux du pays en matière de lutte contre les effets pervers introduits par les changements du climat.

Les piliers fondamentaux de cette vision de la stratégie sont : le renforcement des capacités de réponse face aux risques multiples, le partage de l'information, la communication et une meilleure coordination de la gestion du risque pour garantir le développement durable aux trois échelles nationales, régionale et locale.

### **Orientations stratégiques et objectifs**

Le cheminement du rapport qui repose sur une méthodologie appropriée, fournit également les points clés concernant la résilience et l'adaptation de l'écosystème étudié face aux changements climatiques, qui constituent un prélude au plan d'action destiné à la mise en œuvre desdites orientations stratégiques dans la région. Ce plan d'actions fera l'objet de la prochaine phase de développement de l'étude.

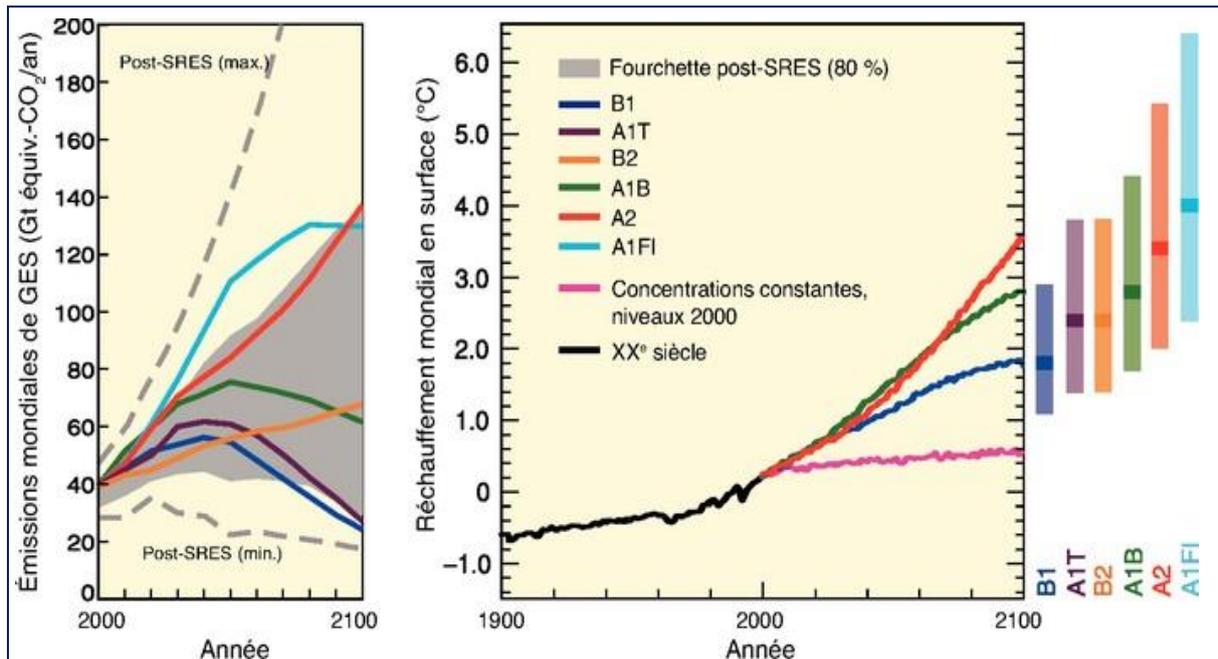
## **2 CONSEQUENCES PREVISIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

### **2.1 Evolution des émissions des GES et changements climatiques futurs**

Dès le début du XIX<sup>ème</sup> siècle, les teneurs en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (278 CO<sub>2</sub> ppm/v) ont entamé une ascendance nette, puis fulgurante à partir de 1950. Les émissions de GES (TEq-CO<sub>2</sub>), ont déjà dépassé 40 milliards de tonnes par an, avec des teneurs en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère ayant déjà dépassé le seuil de 500 ppm/v. Elles ont ainsi presque doublé depuis le début de l'ère industrielle. Les records d'émission notamment durant les trois dernières décennies sont compatibles avec le changement accéléré du climat.

Deux types de scénarios de réchauffement climatique ont déjà été établis en tenant compte des quantités de GES qui seront potentiellement émises au cours du 21<sup>ème</sup> siècle.

**Scénarios SRES** (Second Report on Emission Scénario) : Ces scénarios adoptés par l'IPCC, correspondent à des concentrations observées en GES et en aérosols. Ils sont utilisés comme conditions initiales des modèles numériques, afin de simuler l'évolution récente et future du climat. Ces simulations couvrent la période 1860-2100.



**Figure 1.** A gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées).

A droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX<sup>e</sup> siècle.

Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999.

La réalisation de ces scénarios permet :

- De comparer l'évolution du climat simulé par les modèles à celle observée depuis 140ans ;
- De comparer les caractéristiques du climat simulé à celles observées durant les dernières années ;
- De déterminer un état initial pour les simulations du changement climatique futur selon différents scénarios socio-économiques.

Cependant, selon plusieurs auteurs, pour bien simuler l'évolution la plus récente et future du climat, il faut considérer tous les forçages, aussi bien naturels (éruptions volcaniques, variations de la constante solaire) que ceux dus aux activités humaines (émissions de GES, d'aérosols, déforestation, etc.). Malheureusement, les forçages naturels à considérer sont aléatoires et imprévisibles, il n'est donc pratiquement pas possible de les prendre en compte surtout pour le futur.

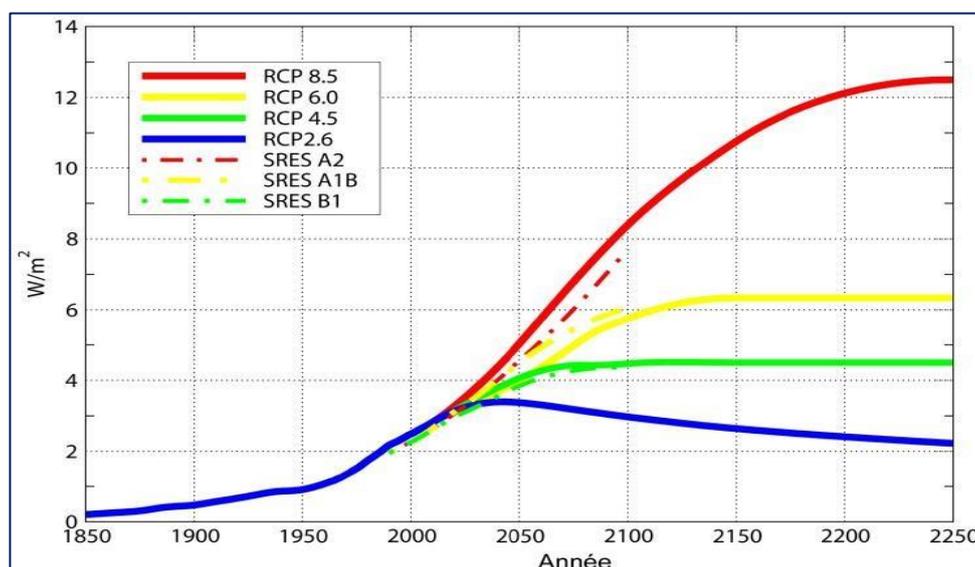
Dès lors, la solution choisie par de nombreux auteurs pour générer de nouveaux scénarios, c'est d'éviter de prendre en compte les forçages climatiques naturels. C'est le cas des Scénarios dits RCP (Representative Concentration Pathway) parallèles à ceux du GIEC.

Les scénarios RCP sont proposés comme suit.

**Tableau 1.** Scénarios RCP conçus pour le forçage climatique en fonction des émissions des GES.

Scénario	Forçage radiatif	Concentration Eq-CO <sub>2</sub> (ppm)	Trajectoire
RCP8.5	>8,5 W/m <sup>2</sup> en 2100	>1370 Eq-CO <sub>2</sub> en 2100	Croissante
RCP6.0	~ 6 W/m <sup>2</sup> en au niveau de stabilisation après 2100	~ 850 Eq-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après en 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP4.5	~ 4,5 W/m <sup>2</sup> en au niveau de stabilisation après 2100	~ 660 Eq-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après en 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP2.6	Pic à -3W/m <sup>2</sup> avant 2100 puis déclin	Pic à ~490 Eq-CO <sub>2</sub> avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin

## 2.2 Comparaison des Scénarios SRES et des nouveaux Scénarios RCP



**Figure 2.** Analyse comparative des Scénarios RCP en traits pleins, et des Scénarios SRES en tirets

Ces Scénarios RCP comparés aux Scénarios SRES précédents, rendent compte du fait que le Scénario RCP8.5 est un peu plus pessimiste que le Scénario SRES A2, le RCP6.0 est proche du SRES A1B, et le RCP4.5 est proche du SRES B1. Le Scénario RCP2.6 est le seul à apparaître sans équivalent. Celui-ci implique les effets d'une politique de réduction des émissions susceptible de limiter le réchauffement de la planète à 2°C à l'horizon 2100.

## 2.3 Relation entre la teneur CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, l'humidité relative et l'augmentation attendue de la température globale liée aux CC

La quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (environ 0,04% de l'air) est considérée comme une sorte de bouton de contrôle de la température de la planète. En effet, il a été démontré qu'une faible variation des teneurs de ce gaz, peut engendrer une variation notable de la température de l'atmosphère. Celle-ci se compose presque en totalité de N<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> qui ne sont pas des GES et qui ne peuvent donc pas contrôler sa température.

A l'opposé, l'eau (vapeur et nuages) est un GES qui absorbe sous ces deux formes environ 75% des radiations liées aux émanations de chaleur terrestre, mais le comportement de la vapeur d'eau (humidité), les nuages et la formation/fusion du gel dépendent étroitement de la circulation atmosphérique ce qui permet leur condensation ou leur fusion/évaporation. Mais ceci qui n'est pas le cas du CO<sub>2</sub>. Sur ce point, il apparait clair que le CO<sub>2</sub> contribue à 80% de la fraction de gaz non-condensables de l'atmosphère qui maintiennent/contrôlent la température à la surface du globe. Puisqu'il contrôle la température, le CO<sub>2</sub> peut aussi contrôler la quantité de vapeur d'eau et de nuages.

La coïncidence est aussi que l'absorption des radiations IR par CO<sub>2</sub> s'effectue dans une gamme de fréquences où l'émission de chaleur terrestre est la plus forte, d'où un fort pouvoir radiatif de ce gaz, et des GES en général. Il a été estimé que le doublement instantané de la teneur en CO<sub>2</sub> (par ex. depuis l'ère préindustrielle jusqu'à nos jours : 280 ppm environ à 560 ppm) réduirait l'émission de rayonnement thermique de la Terre vers l'espace d'environ 4 Watts pour chaque mètre carré de la surface de la Terre, d'où son réchauffement.

Cette absorption de CO<sub>2</sub> est suffisamment forte et voyant la rupture en résultant pour le système (terre-atmosphère-espace), la température de l'atmosphère doit s'élever pour rayonner 4 Watts/m<sup>2</sup> supplémentaires afin de maintenir l'équilibre énergétique de ce Système global.

## 2.4 Elévation accélérée du niveau de la mer (EANM)

Les projections indiquent une élévation du niveau de la mer, avec des variations selon les scénarios. En Méditerranée, l'élévation est inférieure à celle du niveau global, mais elle augmente depuis les années 2000.

**Evolution globale** : Les scénarios SRES décrits précédemment ont aussi permis d'estimer l'élévation de la température et l'EANM à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. Les pronostics donnés par divers auteurs sont très variables. Ceux publiés par l'IPCC sont comme suit.

**Tableau 2.** Projections des valeurs moyennes de réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, à l'échelle du globe

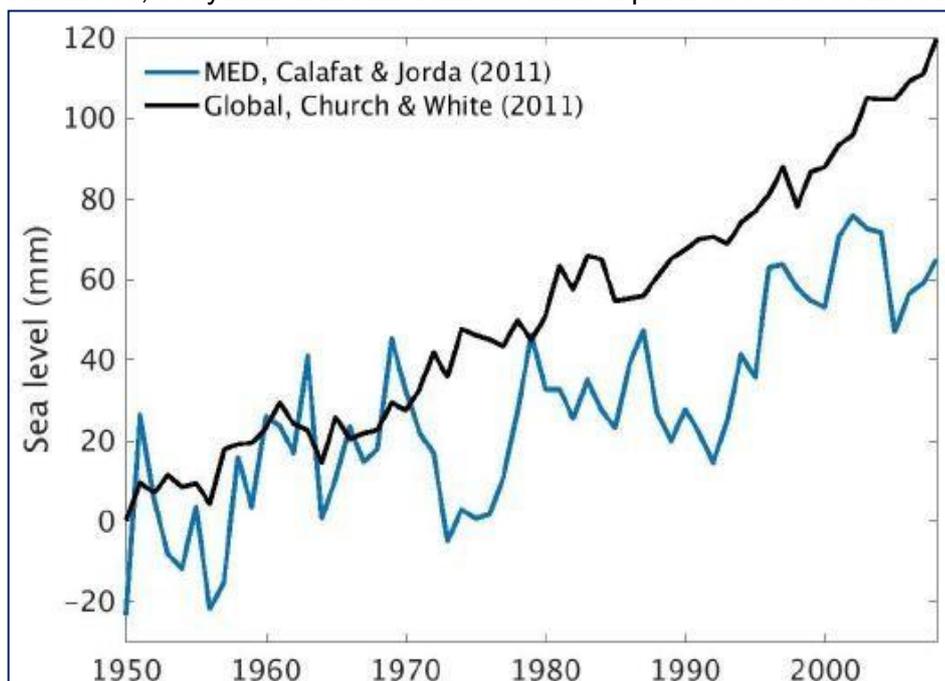
	Variations de température (°C pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999)		EANM (en m pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999) ; sauf évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire.
	Valeur la plus probable	Intervalle probable	
Scénario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,16 – 0,38
Scénario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Scénario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Scénario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Scénario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 - 0,51

Cette EANM est très discutée dans la littérature. La variation du niveau des océans est liée au climat, mais il s'agit d'un mouvement lent. Après une longue stabilité relative durant les trois derniers millénaires, l'augmentation de ce niveau semble s'accélérer du moins depuis l'avènement de l'ère industrielle, possiblement dans un ordre de grandeur de 20 cm durant tout le 20<sup>ème</sup> siècle (1901-2018), soit à un rythme d'environ 1,7 mm/an en moyenne, ce qui est élevé.

Deux techniques assez sophistiquées nécessitant des calculs et des corrections, sont utilisées pour mesurer l'élévation du niveau de la mer : les marégraphes en stations fixes, et l'altimétrie satellitaire (depuis 1993).

Dans le cas précis de la Tunisie et de la zone d'étude en particulier, il est utile de citer les résultats des recherches les plus récentes sur l'EANM en Méditerranée.

**Cas de la Méditerranée** : de nombreuses études de l'EANM en Méditerranée ont été conduites pour la période du 20<sup>ème</sup> siècle dont notamment celle de Calafat et Jorda (2014). Il a été démontré que pour la période 1958-2008, les eaux de la Méditerranée s'élèvent à un rythme moins élevé ( $1,1 \pm 0,1$  mm/an) par rapport à celles de l'océan global ( $1,8 \pm 0,1$  mm/an). Mais dans les deux cas, ce rythme d'EANM s'est accentué à partir des années 2000.



**Figure 3.** Elévation du niveau moyen de la mer de l'océan global et en Méditerranée mesurée à l'aide de marégraphe-altimétrie (d'après Calafat et Jorda, 2011 pour la Méditerranée, et Church et White, 2011 pour l'océan global).

Les résultats les plus significatifs des études qui expliquent la variabilité et les tendances à long terme du niveau moyen de la mer Méditerranée indiquent que l'élévation s'est effectuée à un taux beaucoup plus faible ( $0,6 + 0,1$  mm/an pour la période 1948-2000 ;  $0,2 \pm 0,1$  mm/an pour la période 1961-2000) que le niveau moyen global de la mer (entre 1,5 et 1,8 mm/an). Une partie importante de ces différences entre les tendances de l'EANM en mer Méditerranée et au niveau mondial, est due à la composante atmosphérique régionale. Celle-ci montre une nette influence négative d'environ  $-0,4 \pm 0,1$  mm/an pour la période 1948-2000 et  $-0,6 + 0,1$  mm/an pour la période 1961-2000 ( $-0,5$  mm/an dans le bassin Levantin et aux alentours de Gibraltar ;  $-0,7$  mm/an dans l'Adriatique), attribuée à un déplacement des cyclones à grande échelle. Ces cyclones entraînent une pression atmosphérique plus élevée sur la région méditerranéenne, principalement pendant la saison hivernale, ce qui influence le niveau de la mer à la baisse.

## 2.5 Emissions de GES en Tunisie et dans la zone d'étude, et principaux aléas liés aux CC

CO<sub>2</sub> provient surtout des combustibles fossiles et en partie de l'industrie du ciment et de la chaux, et CH<sub>4</sub>, des ordures ménagères, de la fermentation gastrique chez les cheptels, et de lâchers volontaires de forages pétroliers. L'oxyde nitreux N<sub>2</sub>O est issue d'urines animales, de déchets humains et de l'industrie de fertilisateurs (urée, ammonium nitrate, DAP, etc.) et de l'excès d'engrais azotés utilisés pour l'agriculture. Les composés organiques volatiles non-méthanés proviennent de peintures, de résines, de vernis, de produits décapants, etc.

La production spécifique de GES de Tunisie (en tonnes équivalent-CO<sub>2</sub>, per capita et par an) est de l'ordre de 3,24 TE-CO<sub>2</sub> en 2000<sup>2</sup>, et 3,1 TE-CO<sub>2</sub> en 2014<sup>3</sup>. Ces quantités toujours exprimées en TE-CO<sub>2</sub>, sont faibles par rapport aux émissions de pays comme le Qatar (32,4), Arabie Saoudite (15,3), Etats Unis (15,2), France (4,6), et comparativement à la moyenne mondiale donnée pour l'année 2018 (Cf. <https://fr.wikipedia.org/par> exemple).

### **Bilan des GES en Tunisie et dans la zone d'étude**

Les émissions brutes en TE-CO<sub>2</sub> en Tunisie s'élèvent dans le cas présent à 36,78 millions TE-CO<sub>2</sub> en 2000 (3,83 TE-CO<sub>2</sub> per capita) ; l'adsorption par la biomasse, sous forme de carbone organique, s'élève à un taux de 5,7 millions TE-CO<sub>2</sub>. Ceci conduit à des émissions nettes en TE-CO<sub>2</sub> qui s'élèvent à 31,098 millions TE-CO<sub>2</sub> en 2000 (3,4 TE-CO<sub>2</sub> per capita).

**Tableau 3.** Bilan et composition des émissions de GES et absorptions brutes de CO<sub>2</sub> en 2000 en Tunisie (unité : 1000 TE-CO<sub>2</sub>)

	Emission de CO <sub>2</sub>	Absorption de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total	%
<b>Total National</b>	26 207,18	- 5 685	6 113	4 463	<b>36 783,2</b>	<b>100</b>
<b>Emission/Absorption</b>						
<b>1. Energie</b>	19 048		1 545,6	187,55	<b>20 781,2</b>	<b>56,5</b>
<b>2. Procédés industriels</b>	3 616,185		-	338,5	<b>3 954,7</b>	<b>10,75</b>
<b>3. Solvants (COVNM)</b>	-		-	-		
<b>4. Agriculture</b>	-		2 646,6	3 695,2	<b>6 341,8</b>	<b>17,24</b>
<b>5. Changement d'affectation des sols et forêts</b>	3 542,99	- 5 685	-	-	<b>3 543</b>	<b>9,63</b>
<b>6. Déchets</b>			1920,66	241,8	<b>2 162,7</b>	<b>5,88</b>
<b>Soutes internationales</b>	<b>893</b>		<b>0,23</b>	<b>7,8</b>	<b>901</b>	

En 2000, Bizerte compte 512 824 hab. qui, à raison de la production spécifique de GES *per capita* précédente, conduit à estimer la production totale brute de GES de ce gouvernorat à 1 743 602 TE-CO<sub>2</sub><sup>4</sup>. En considérant une production homogène par source à l'échelle de toute la Tunisie et des gouvernorats, les pourcentages relatifs du tableau précédent concernant les

<sup>2</sup> Seconde Communication Nationale de la Tunisie à la CCNUCC, décembre 2013

<sup>3</sup> Troisième Communication Nationale de la Tunisie à la CCNUCC, 2016.

<sup>4</sup> 2ème Communication Nationale de la Tunisie à la CCNUCC, Ministère de l'Équipement et de l'Environnement, 2013.

GES émis par source s'appliquent au gouvernorat de l'étude. Nous pouvons donc en déduire les résultats suivants.

**Tableau 4** : Emissions brutes de GES du Gouvernorat de Bizerte en 2000 estimées sur la base de la production spécifique de GES per capita de cette année (en 1000 TE-CO<sub>2</sub>)

Emissions brutes	Absorption de CO <sub>2</sub>	Total TE-CO <sub>2</sub>	%
<b>Total Bizerte</b>	-250	<b>1744</b>	100
<b>Emission/Absorption</b>			
<b>1. Energie</b>		<b>985</b>	56,5
<b>2. Procédés industriels</b>		<b>187</b>	10,75
<b>3. Solvants</b>			
<b>4. Agriculture</b>		<b>301</b>	17,24
<b>5. Changement d'affectation des sols et forêts</b>	-250	<b>168</b>	9,63
<b>6. Déchets</b>		<b>103</b>	5,88
<b>Soutes internationales</b>		<b>43</b>	

Ce tableau montre que les sources principales des émissions brutes reviennent à l'énergie (56,5%), à l'agriculture (17,24%), aux procédés industriels notamment les ciments (10,75%). Les déchets ne représentent globalement que 5,88%, et l'absorption de la biomasse élimine 9,83% du total des émissions brutes estimées. Notez bien que les émissions des soutes internationales (navigation aérienne et maritime n'étaient pas considérées en 2000 dans le bilan établi).

Pourcentages d'émission de produits assimilables à des déchets contribuant au GES : agriculture, cheptel, déchets d'animaux, ordures ménagères et eaux usées, du Gouvernorat de Bizerte estimés pour l'année 2000.

Production GES 2000 TUNISIE	<b>31098*10<sup>3</sup> TE CO<sub>2</sub></b>	3,24 Ton per capita
Population de Bizerte 2000	512 824 ha	
Production Totale de GES	<b>1661,5*10<sup>3</sup> TE CO<sub>2</sub></b>	
Pourcentage national de Bizerte	0,05342787	5,343% Par rapport à la production nationale totale de GES

	Production Bizerte *1000 TE CO <sub>2</sub>			Proportions de déchets sans sols agricoles
	Tous déchets	Ss Sols agricoles	% des déchets	En % du Total de GES émis par Bizerte
Fermentation entérique	109,06	109,057	71,79	7,30
Déchets d'animaux	37,94	37,944	24,98	2,54
Sols agricoles	157,08	0,000	0,00	0,00
Brulage résidus de récolte	0,52	0,522	0,34	0,03
Décharges ordures	3,02	3,016	1,99	0,20
Traitement eaux usées	1,19	1,185	0,78	0,08
Traitement des eaux usées industrielles	0,19	0,191	0,13	0,01
<b>Total</b>	<b>309,00</b>	<b>151,915</b>	<b>100,00</b>	<b>10,17</b>

Le plus remarquable aussi est que l'agriculture et le cheptel contribuent de loin beaucoup plus aux émissions de GES, par rapport aux décharges urbaines. Celles-ci ne contribuent qu'à 0,2% du total émis par les sources indiquées (hors engrais des sols) le Gouvernorat de Bizerte.

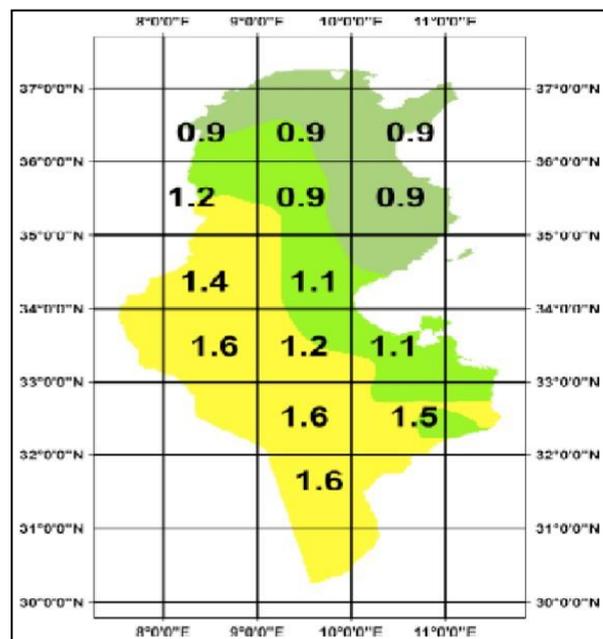
Les estimations obtenues pour comprendre la contribution des déchets solides ménagés aux GES, comparativement à celle des eaux usées domestiques ou industrielles, et aux déchets (excréments et urines) et fermentation entérique (gastrique) des cheptels (ovins, bovins, camelins, aviaires). Les pourcentages, mais aussi des quantités, peuvent être reconduits pour l'année 2023, car l'évolution durant les deux dernières décennies n'ont été que très faibles (3,1 TE-CO<sub>2</sub> per capita en 2013 à la 3<sup>ème</sup> Communication de la Tunisie à la CCNUCC, référence 2013, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable).

De manière assez globale la contribution des décharges publiques aux GES est faible, et de ce fait apparemment, le FEM n'investit pas dans les déchets urbains. Aussi, la contribution de la Tunisie (Annexe 2 de la CCNUCC) aux émissions globales mondiales des GES, est dérisoire. C'est dire que les changements de plus en plus avérés du climat en Tunisie, se sont "importés".

**Augmentation de la température moyenne globale à l'échelle de la zone d'étude :** Dans l'étude "Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques" (GOPA, EXACONSULT, 2007 pour le compte du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques) la Tunisie sera soumise à l'horizon 2050 à 2070, à :

- L'élévation des températures moyennes annuelles à l'échelle du pays et des régions dont celle d'étude (1 à 2°C) ;
- La diminution des précipitations annuelles qui sera de plus en plus forte ;
- Des précipitations des années très humides qui baisseront conjointement à une augmentation en fréquence des années très sèches.

Les conséquences sont importantes à cause de la faible résilience des ressources (eau, agriculture, oasis) :



**Figure 4.** Augmentation de la température en été à l'horizon 2030. Cette augmentation de 0,9° pour Bizerte, est parmi les plus clémentes en zone urbaine active, de toute la Tunisie (GOPA-Exaconsult, 2007 ; MARH)

Dans le cas précis de la zone d'étude, il est prévu que les températures moyennes annuelles augmenteront seulement de 0,9°C par rapport à la moyenne globale d'augmentation pour tout le pays qui a été estimée à environ 2,1°C.

Notons aussi que cette étude effectuée en 2007, a précédé de peu une panoplie d'études concernant la modélisation des élévations de température liées aux CC au cours du siècle présent à l'échelle mondiale. Globalement, ces études semblent plus alarmistes. Ainsi, en tenant compte des équations de flux de chaleur terrestre, de la modélisation de la température, et de la génération additionnelle de chaleur liée au rééquilibrage de l'humidité relative de l'air (équilibre du système terre-atmosphère-espace), comme discuté précédemment, il n'est pas exclu que l'augmentation de température moyenne globale à l'échelle de la zone d'étude puisse atteindre 1,8 à 2°C à l'horizon 2070, et même plus à la fin du siècle en cours.

Il faut donc s'attendre à ce que cet aléa climatique, notamment dans le scénario sans intervention (dit aussi *business as usual*), puisse s'accompagner de baisses et de variabilité remarquables des précipitations (périodes de sécheresse accentuée, et périodes diluviennes) assez sensibles. Il s'en suivra donc des impacts importants sur les écosystèmes et leur biodiversité, sur les sols, sur l'agriculture et ses récoltes, sur les ressources en eau et leur disponibilité, etc.

## 2.6 Récapitulatif

Tous les indicateurs montrent que la région du projet est sujette à de fortes conséquences des changements climatiques à l'horizon 2070, qui se manifesteront par une forte augmentation de températures, par des successions de périodes d'inondations, mais aussi des périodes de sécheresses qui pourraient être aggravées par les pénuries d'eau. Il est donc impératif de mettre en œuvre les moyens nécessaires afin de réagir pour préserver l'intégrité des écosystèmes et pour adapter les activités socioéconomiques régionales aux nouvelles conditions de climat.

# 3 AXES STRATÉGIQUES POUR LA CONCRÉTISATION DE LA VISION

## 3.1 Définition des axes stratégiques

La première phase du projet a été subdivisée en deux parties faisant chacune l'objet d'un rapport ;

- La première concerne l'observation et l'analyse de l'existant et la reconnaissance de l'état actuel des différentes composantes identifiées de l'écosystème recouvrant le bassin versant et aux étendues d'eau (lac Ichkeul, Lagune de Bizerte) et leur vulnérabilité potentielle face aux changements climatiques.
- La seconde a été focalisée sur une identification, une caractérisation et une évaluation précises des risques encourus par cet écosystème à l'horizon 2070. Ces risques englobent en particulier l'accélération de l'échaudage, le déficit hydrique lié à une sécheresse de plus en plus sévère, une surexploitation et un risque de salinisation aggravée des aquifères côtiers, une perte de biodiversité, des conséquences dramatiques sur l'agriculture, une salinisation et une tropicalisation accélérée de la

Lagune de Bizerte, en plus d'une submersion potentielle des espaces côtiers par élévation accélérée du niveau moyen de la mer.

Conformément aux objectifs de ce projet comme stipulé dans les TdRs, le présent rapport est consacré aux orientations stratégiques à adopter face aux changements climatiques et leurs impacts directs et indirects sur les composantes de l'écosystème et leurs services, sur les ressources naturelles, sur les activités socio-économiques et sur l'œuvre de développement futur dans la zone.

Les orientations stratégiques à adopter visent :

- A rétablir les potentialités halieutiques de la Lagune de Bizerte, la prévention des mortalités massives et des déséquilibres phénologiques ;
- A préserver l'équilibre de l'écosystème en le préservant des espèces invasives ;
- A maintenir l'intégralité des territoires et de leurs vocations ;
- A proposer des activités de développement peu ou non vulnérables aux effets pervers des changements du climat :
- A donner les grandes lignes de l'organisation spatiale de la zone la plus compatible avec les spécificités environnementales et socioéconomiques ;
- A proposer un programme de suivi environnemental sur la base d'indicateurs appropriés, assorti d'une estimation des coûts.

D'après le GIEC et d'autres auteurs, l'aggravation des impacts du changement accéléré du climat et leurs effets pervers et de plus en plus en plus drastiques sur toute la planète, liée aux émanations de gaz à effet de serre, n'est pas forcément réversible. C'est dire qu'il est vain de s'attendre à un retour en arrière aux conditions climatiques autrefois beaucoup plus clémentes et plus prospères. Les efforts des nations dans le cadre de conventions, de protocoles, de projets d'adaptation, se ramènent ainsi à de simples remèdes qui cherchent à pallier des impacts prévisibles beaucoup plus graves qui sont aptes à se manifester à l'avenir.

La stratégie de lutte contre les effets pervers liés aux changements du climat offre des orientations supplémentaires pour l'action de développement à l'échelle de la région comme planifié dans le cadre de deux grandes études : Etude Stratégique pour le Développement du Gouvernorat de Bizerte à l'Horizon 2030 (Commissariat Général au Développement Régional, SAMEF, 2018) et Etude de la Carte Nationale de l'Infrastructures et des Grands Equipements Collectifs à l'Horizon 2030 (DGAT, 2019).

Les résultats des études, dont la présente, conduites dans le cadre du programme ECOPACT, complètent et clarifient les contraintes (pollution et CC notamment) qui s'opposent à une action équilibrée de développement dans la zone, et cherchent à en pallier les effets directs et indirects à l'échelle de l'écosystème défini précédemment.

### 3.2 La démarche suivie pour définir la stratégie

Préalablement, il est fort utile à ce stade de rappeler la démarche proposée au niveau des termes de références devant conduire à l'élaboration de la stratégie et des orientations stratégiques comme indiqué dans la première partie de la partie 2 de l'étude.

A ce niveau il est indiqué clairement ce qui suit :

Sur la base des données recueillies, du diagnostic détaillé établi, de la problématique actuelle de l'écosystème et de ses environs et des tendances évolutives de cette zone, le Bureau d'Etudes devra définir et <b>proposer des lignes d'orientation et expliciter des</b>
---

### **stratégies pour la réhabilitation et la protection de cette lagune et anticiper les évolutions futures.**

Le Bureau d'Etudes présentera une appréciation des éventuels impacts environnementaux prévisibles si de telles stratégies sont appliquées au niveau de ce milieu.

Les différentes approches, orientations et stratégies qui seront proposées, auront pour objectifs principaux de :

- Rétablir les potentialités halieutiques du lac par prévention des mortalités massives et des déséquilibres phénologiques
- Conserver l'équilibre des écosystèmes notamment en le préservant des invasions biologiques
- Maintenir l'intégrité des territoires et de leurs vocations
- Proposer des activités de développement non vulnérables aux effets des changements climatiques
- Donner les grandes lignes de l'organisation spatiale générale du site la plus compatible avec ses spécificités environnementales et socio-économiques.
- Proposer un programme de suivi environnemental complémentaire au suivi qui sera mis en œuvre dans la cadre du programme sur la base d'indicateurs appropriés que le bureau d'études développera à cette fin. Le BE présentera une estimation du coût associé à un tel programme de suivi.

Le bureau d'études proposera une stratégie et des orientations de réhabilitation cohérentes et intégrées pour améliorer la résilience du lac. Ces stratégies à moyen et long terme devront être explicites et précises.

Les travaux de la phase 1 de l'étude dans ses deux composantes 1.1 et 1.2 ont montré de manière claire un ensemble de perturbations et de défaillances au niveau du fonctionnement de l'écosystème de la région de Bizerte. Ces dysfonctionnements risquent fort et comme souligné de différentes manières d'entraver le développement socioéconomique dans la région aujourd'hui et dans le futur. Ces dysfonctionnements se structurent essentiellement autour, au minimum, de cinq domaines majeurs, il s'agit de :

#### **I. La dégradation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire de Bizerte Ichkeul au niveau de ses deux composantes majeures marines et terrestres.**

En effet et étant donné le caractère fortement marin du canal de navigation, celui-ci subirait certainement les effets de l'EANM avec augmentation de la courantologie et ses conséquences sur l'introduction d'espèces non indigènes. La lagune de Bizerte observera en conséquence une marinisation accompagnée par une invasion d'espèces non indigènes. La pêche dans la lagune de Bizerte subira de ce fait des transformations importantes avec augmentation des espèces marines au dépend de celles caractéristiques de la lagune. Il est aussi attendu que le réchauffement engendré par les changements climatiques constituera vraisemblablement un facteur limitant menaçant sérieusement l'activité de la conchyliculture dans la lagune de Bizerte. Le lac Ichkeul, quant à lui, perdra vraisemblablement cette alternance entre phase marine et phase d'eau douce avec des répercussions importantes sur la flore ainsi que sur l'avifaune.

Sur le plan terrestre, la submersion marine et le déversement de l'eau de mer dans les zones basses marécageuses d'eau douce ou légèrement salée réduira considérablement ou fera même disparaître les écosystèmes dulcicoles et leurs peuplements animaux et végétaux. Nous observerons également des risques d'aggravation de la vulnérabilité liée à la prolifération

de moustiques dans la zone de l'étude ainsi qu'une aggravation des incendies pendant les périodes sèches.

## **II. L'aggravation des conflits autour de l'usage de l'eau à cause de phénomène de pénuries et de dégradation de plus en plus prononcées**

Du fait que la surexploitation des eaux souterraines impacte fortement les aquifères avec risque de salinisation manifeste, les changements climatiques et la réduction de la pluviométrie aggraveront le phénomène de la salinisation des eaux souterraines et des aquifères d'une manière générale.

## **III. L'augmentation des dysfonctionnements et le recul de la productivité au niveau des activités socioéconomiques à la suite des changements climatiques constatés**

Au niveau de l'agriculture, les indicateurs agro-climatiques subiront des modifications notables au cours des prochaines décennies dans la zone d'étude. Les sols et les eaux agricoles afficheront des niveaux de vulnérabilité manifeste au changement climatique impactant de manière réelle l'activité agricole. La céréaliculture, les systèmes sylvopastoraux, l'élevage, les cultures irriguées et l'oléiculture seront réellement impactés par les changements climatiques et verront leurs rendements diminués substantiellement.

Au niveau du tourisme, l'étroite relation entre le climat, ses variations et le produit touristique influencera considérablement dans l'avenir la nature des services touristiques et leur importance.

Dans le domaine de l'urbanisme, une attention particulière doit être accordée dorénavant aux risques de submersion de plusieurs zones urbaines qui paraissent extrêmement vulnérable au changement climatique et plus particulièrement tout autour de la lagune de Bizerte.

## **IV. L'aménagement du territoire dans la zone de l'étude mené souvent de manière chaotique risque fortement d'entraver les efforts d'adaptation aux changements climatiques dans l'avenir.**

L'activité industrielle souvent fortement polluante, très mal intégrée dans l'espace, perturbe le fonctionnement actuel et entrave son développement. Le tissu urbain, dont le développement a été souvent très rapide ses dernières décennies, agresse de plus en plus le paysage et l'environnement d'une manière générale et se trouve même en difficulté d'adaptation à certains phénomènes qui risquent de s'aggraver dorénavant, particulièrement la montée des eaux marines dans les zones considérées inondables. Le transport, élément déterminant de l'aménagement du territoire souffre de certains dysfonctionnements qui risquent de s'aggraver dans le futur.

## **V. La gouvernance du système de la région lagunaire de Bizerte-Ichkeul dans sa globalité dans ses dimensions socioéconomiques et naturelles demeure sectorielle, fragmentée et très peu performante**

La gestion du système lagunaire Bizerte-Ichkeul apparaît aujourd'hui très sectorielle avec une multitude d'intervenants qui agissent souvent de manière isolée les uns des autres ne favorisant pas ainsi la concertation et l'intégration nécessaire. La communication entre les acteurs et en l'absence de visions claires et précises demeure également peu développée. Peu d'intérêts sont également réservés aux femmes, comme acteurs déterminants dans plusieurs activités, en vue de développer leur résilience et leur capacité à l'adaptation aux changements climatiques. La région ne dispose pas aussi d'un dispositif d'observation et de suivi environnemental dans son interaction avec les activités socioéconomiques dans une évolution de changement climatique.

Ainsi et sur la base de ces entraves et dysfonctionnements constatés lors des deux premières parties de l'étude, 1.1 et 1.2 et qui risquent d'être aggravées à la suite des changements climatiques ; l'équipe du projet a conçu une vision pour une stratégie d'adaptation de la région au changement climatique et de développement de sa résilience. Celle-ci se décline comme suit :

**« Promouvoir les conditions d'adaptation aux effets des changements climatiques dans la région de Bizerte à travers la réhabilitation des principaux écosystèmes, le développement d'activités socioéconomiques concordantes avec les spécificités écologiques et climatiques de la région dans une dynamique de gestion et de gouvernance performante et durable répondant aux aspirations de la population. »**

A travers cette vision, nous répondons ainsi I) aux dysfonctionnements observés dans les écosystèmes marins et terrestres et particulièrement au niveau des services rendus, II) aux conflits entre usagers autour de la ressource en eau qui risquent de s'aggraver dorénavant, III) aux difficultés d'adaptation au changement climatique de plus en plus constatés au niveau des activités socioéconomiques marines et terrestres, III) aux entraves au développement actuel et futur engendrés par un aménagement du territoire non approprié et enfin VI) aux faiblesses de la gouvernance du système dans sa globalité.

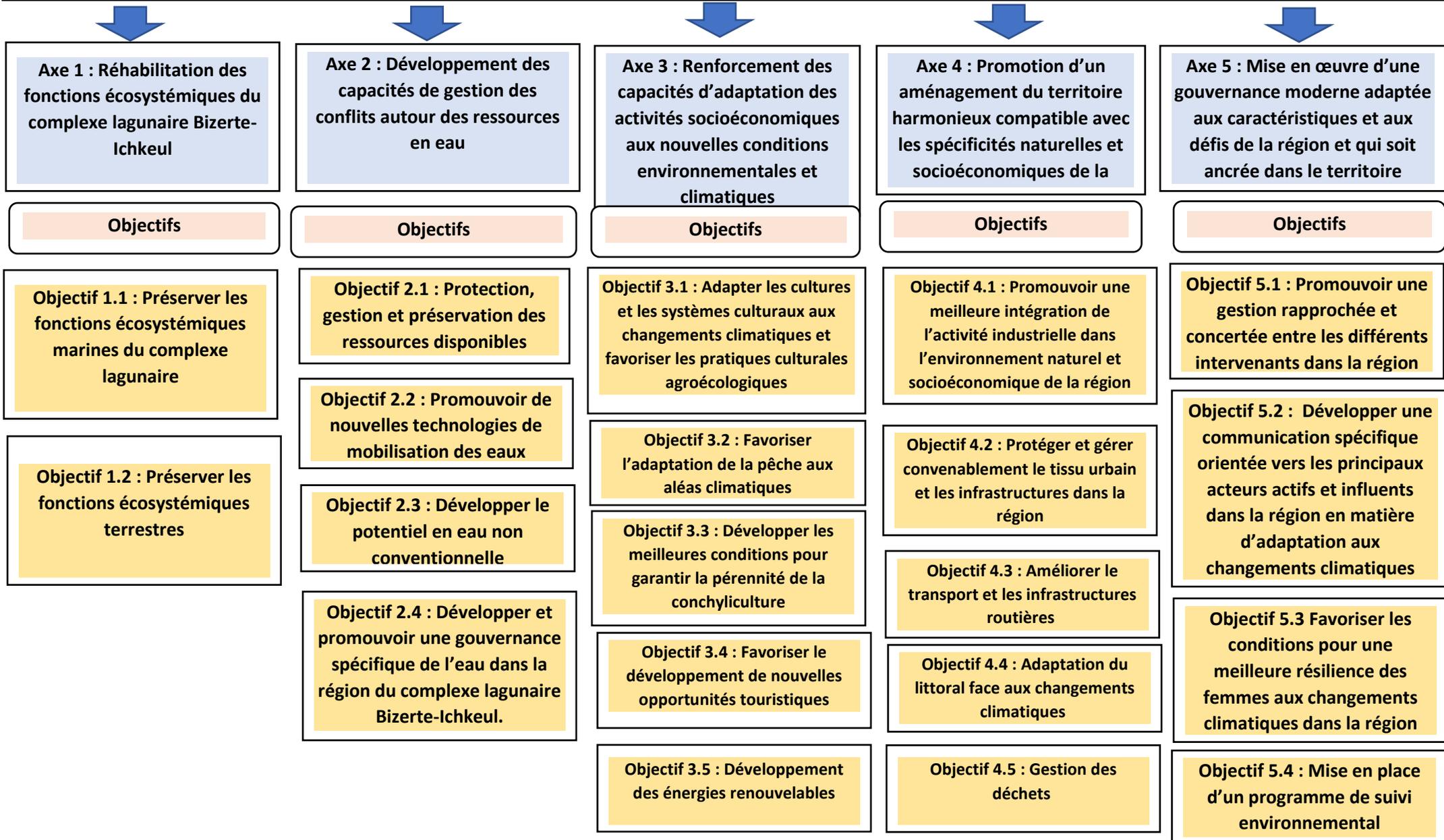
Partant de ces entraves, la vision a été déclinée en cinq axes stratégiques majeurs :

- **Axe stratégique 1 : Réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.**
- **Axe stratégique 2 : Développement des capacités de gestion des conflits autour des ressources en eau.**
- **Axe stratégique 3 : Renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques.**
- **Axe stratégique 4 : Promotion d'un aménagement du territoire harmonieux, compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomique de la région.**
- **Axe stratégique 5 : Promotion d'une gouvernance environnementale et territoriale moderne, efficace, compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région.**

Ces axes paraissent également en parfaite concordance avec la charte de développement durable du lac de Bizerte signée en 2012 par l'ensemble des acteurs et intervenants et ce dans le cadre de l'initiative « Euro-méditerranéenne Horizon 2020. »

# Vision de la stratégie

Promouvoir les conditions d'adaptation aux effets des changements climatiques dans la région de Bizerte-Ichkeul à travers **la réhabilitation des principaux écosystèmes, le développement d'activités socioéconomiques concordants avec les spécificités écologiques et climatiques de la région** dans un dynamique de **gestion et gouvernance performante et durable** répondant aux aspirations de la population



### 3.3 Axe stratégique 1 : Réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul

#### 3.3.1 Objectif 1.1 : Préserver les fonctions écosystémiques marines du complexe lagunaire

##### 3.3.1.1 Perturbations observées et prévisibles

###### **a. *Élévation du niveau de la mer et de la température et “marinisation” soutenue***

A travers la Lagune de Bizerte, le changement global (changement climatique, pression anthropique, espèces exotiques) aboutira à une élévation de la température des eaux suivie par l'élévation du niveau de la mer. Les perturbations attendues se manifesteront sous forme d'une "marinisation" accrue du milieu, des submersions des berges et des masses d'eaux plus chaudes.

###### **b. *Développement d'espèces migratrices non indigènes***

Au plan hydrobiologique, l'hydrodynamisme le long du chenal et au sein de la lagune sera plutôt favorable au recrutement des espèces et aux migrations trophiques et génésiques, en particulier les poissons y compris des petits pélagiques mendoles, sardines, bogues, etc., ainsi que des crustacés dont la crevette royale. Ce recrutement accru sera aussi favorable à l'introduction et la prolifération d'espèces non indigènes.

Cependant, un tel hydrodynamisme soutenu en termes de vitesse, risque d'affecter la répartition des espèces et les migrations. La répartition des espèces et les occupations des habitats dans la zone de fort hydrodynamisme seront désaffectées.

Quant à l'élévation de la température, favorable, dans la gamme optimale compatible avec les espèces eurythermes prépondérantes dans la lagune, elle pourra devenir inhibitrice au-delà d'un certain seuil. Le seuil d'alerte serait atteint à une température prolongée de  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ .

Enfin les submersions attendues dans les zones basses de la lagune, bordures Est (zone de Menzel Jemil) et zone Sud Est (garât Menzel Bourguiba), seront plutôt bénéfiques comme extension d'habitats lagunaires aux dépens d'habitats terrestres perdus.

###### **c. *Perte du caractère fonctionnel typique et salinisation du lac Ichkeul***

Quant au lac Ichkeul, la vulnérabilité majeure réside en la perte du caractère fonctionnel typique entre phase dulçaquicole et phase marine, due en premier lieu aux aménagements hydroagricoles majeurs qui ont privé le lac de son capital naturel. Cette vulnérabilité est amplifiée par le changement climatique où l'élévation du niveau de la mer, le barrage des oueds et la sécheresse (absence de lâchers d'eau) conduiront au maintien du caractère halin nuisible en permanence.

Le lac Ichkeul évoluera en une lagune (ou lac) éventuellement hyper-salée, avec la dominance d'espèces lagunaires aussi bien sédentaires que marines. Les espèces indigènes seront cantonnées aux embouchures des oueds.

La submersion risque d'envahir plus de 1000ha à travers les marais au Sud-Est du Jebel Ichkeul et les terrains hydromorphes du secteur Sud du Lac Ichkeul.

L'ichtyofaune pourra être bénéficiaire alors que l'avifaune, composante emblématique de l'écosystème sera la plus vulnérable.

#### **d. Introduction d'espèces nouvelles via les eaux de Ballast**

Le trafic maritime à travers le canal et la Lagune de Bizerte dépasse 20% du trafic national, en plus du risque de pollution (5 incidents en 2021). L'activité portuaire croissante du Port de Bizerte, constitue une source d'introduction d'espèces à travers les eaux de ballast ou le biofouling. En effet ce port a accueilli durant l'année 2021, un total de 495 navires repartis sur 9 types dont 80 vraquiers, 103 porte-conteneurs et 77 pétroliers avec un tonnage de 4 927 000 T (dont 2537000 d'hydrocarbures) (OMMP 2021).

Ces navires représentent une source potentielle d'introduction d'espèces à travers les eaux de ballast. Une étude réalisée en 2012 (Zmerli 2012), a démontré que la plupart des espèces de phytoplancton (diatomées et de dinoflagellés) identifiées dans les eaux de ballast de navire ayant accosté au port de Bizerte sont déjà signalées le long des côtes tunisiennes mise à part une espèce *Ditylum brightwellii*. Cependant la densité de kystes de dinoflagellés (*Protoperdinium spp.* et *Scrippsiella trochoidea*), augmente la dispersion et le risque d'efflorescence.

Le zooplancton est généralement peu abondant dans les eaux de ballast dû à des conditions physico-chimiques défavorables et au temps de navigation des navires variant entre 15 et 30 jours.

D'après cette étude la plupart des taxons trouvés dans les eaux de ballast collectées dans le port de Bizerte étaient déjà présents dans les milieux récepteurs.

Il faut aussi noter que le port de Bizerte reçoit des navires provenant de toutes les mers et les océans dont 15 de la Méditerranée et Mer noire, 11 de l'Atlantique et Mer du Nord et 6 des océans Pacifique et Indien, ce qui laisse le risque d'introduction des espèces par les eaux de ballast toujours probable.

#### **3.3.1.2 Réponses afin de favoriser la résilience de l'écosystème marin de la Lagune de Bizerte**

Concernant cette lagune, il s'agit de pouvoir entretenir et favoriser la résilience de l'écosystème lagunaire, à travers :

- **Le maintien du fonctionnement optimal du canal, voie de renouvellement des eaux lagunaires.** Le dragage périodique du canal et du chenal de navigation vers Menzel Bourguiba doit être programmé.
- **La rectification des berges du lac afin d'éviter les zones mortes :** zones de stagnation et d'accumulation des laisses biologiques, d'envasement ou de dépôts des déchets solides. Il s'agit des zones d'intervention des :
  - Berges de Menzel Abderrahman ;
  - Berges de Menzel Jemil ;
  - Zones de Meghrawa, oued Guenniche, oued Jeddara (pollution résiduelle et déchets) ;
  - Plages de Gengla et Rondeau.
- **L'intégration de ces actions au projet APAL/ECOPACT "création d'une esplanade au Nord des ports de Menzel Abderrahman et de Menzel Jemil.**

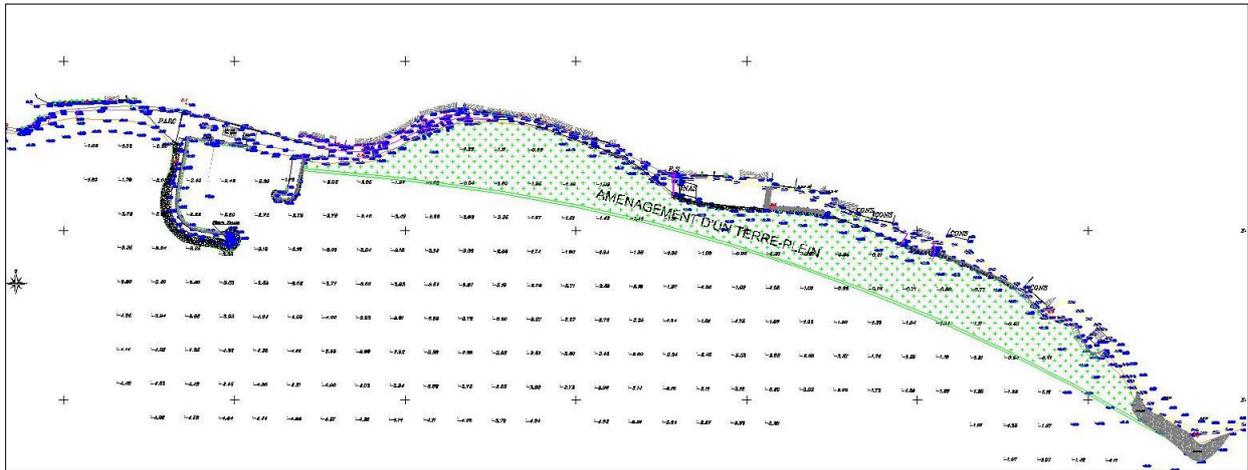


Figure 5. Esquisse proposée pour l'aménagement de Menzel Abderrahmane (MeHSIP-PPIF 2012)

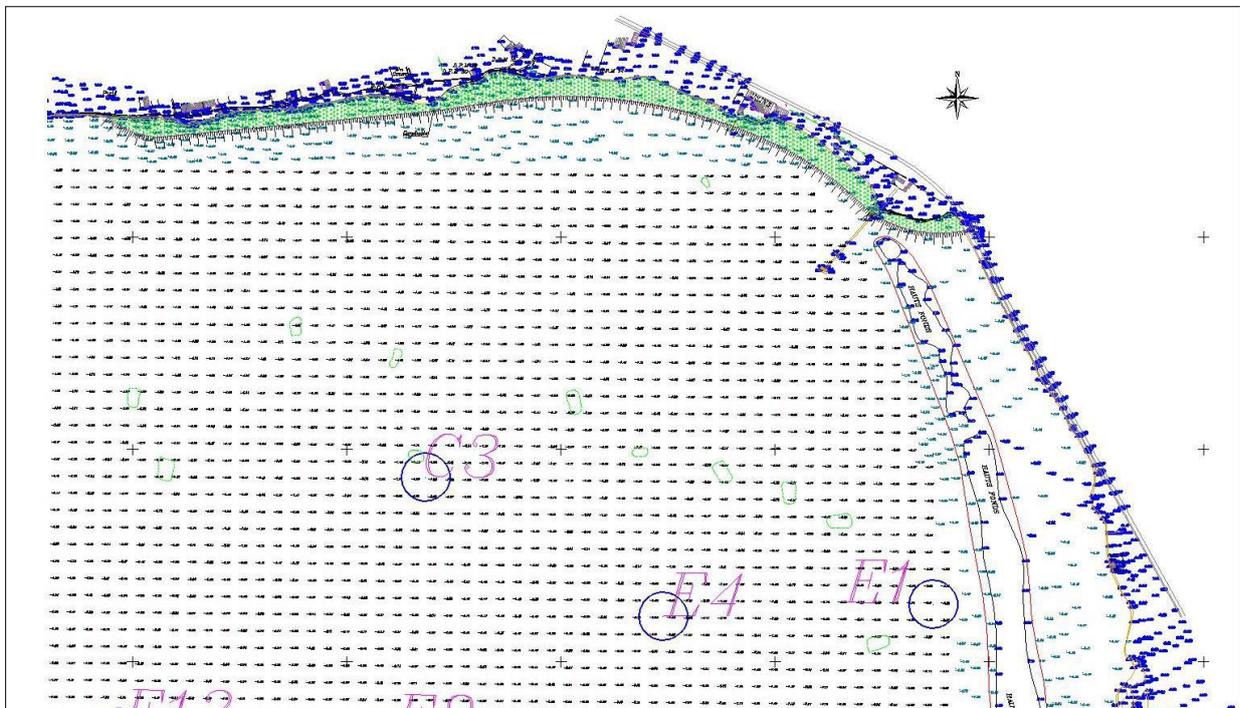


Figure 6. Esquisse proposée pour l'aménagement de Menzel Jemil (MeHSIP-PPIF 2012)

Quant au fonctionnement du Lac Ichkeul, une priorité sera donnée au maintien des échanges effectifs de ce lac avec la Lagune de Bizerte. Comme éléments de mise en œuvre, il serait nécessaire d'assurer :

- Le dragage et l'entretien de l'oued de Tinja entre lac et lagune, afin de maintenir, voire augmenter les échanges mer-milieu lagunaire pour lutter contre l'hypersalinisation ;
- Le dragage amont et aval de l'écluse de Tinja afin de réduire l'envasement et amplifier les échanges ;
- La réhabilitation fonctionnelle de l'écluse de Tinja ;
- La mise en œuvre effective des ouvrages de franchissement (passes à poissons) qui devront être réhabilités.

- Edification et installation d'une écluse à embarcations, assurant le passage des embarcations de pêche de part et d'autre sans affecter le bon fonctionnement de l'écluse et de ses ouvrages.

Par ailleurs, des actions de gestion liées à la fourniture des eaux écologiques, à travers les six (6) oueds barrés (dont Douimiss en cours d'aménagement), devront aussi être formalisées, officiellement identifiées et spécifiées. En effet, jusqu'ici ces actions ne sont pratiquement jamais concrétisées.

Enfin comme action d'aménagement et de génie-écologie, visant l'atténuation du réchauffement des eaux du complexe lagunaire, et l'augmentation des échanges avec la mer, le creusement d'un canal "canal de Menzel Jemil" sera proposée. Il s'agit d'un Canal d'environ 3 km de long, dimensionné aux échanges (volumes d'eaux, marée) et aux usages (pêche et autres types de navigation) avec ou sans ouvrage de gestion (ouverture – fermeture). Rappelons que le Canal de Bizerte est aussi un édifice d'aménagement conçu en 1895.

Concernant les espèces exotiques envahissantes, comme pour l'ensemble du pays il y a lieu de concrétiser les orientations de la stratégie nationale et du Plan d'action pour la prévention, la gestion et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes<sup>5</sup>. Cette stratégie a identifié 3 axes

**Axe 1 :** créer les conditions favorables à une mise en œuvre efficiente de la stratégie sur les espèces exotiques envahissantes à travers :

- La mise en place d'une loi sur les espèces exotiques envahissantes ;
- La mise en place d'une bonne gouvernance du processus de mise en œuvre de la stratégie,
- Le renforcement des capacités systémiques et opérationnelles ;
- La sensibilisation et la mobilisation des parties prenantes.

**Axe 2 :** Prévenir l'introduction des espèces exotiques envahissantes, en procédant à :

- Identifier, gérer et surveiller les voies d'introduction et de propagation des espèces exotiques envahissantes ;
- Identifier et hiérarchiser les espèces exotiques envahissantes.

**Axe 3 :** Lutter activement contre les espèces exotiques envahissantes et restaurer les écosystèmes touchés, il s'agit de :

- Développer les méthodes et outils de gestion ;
- Institutionnalisation des interventions de gestion, de contrôle et d'éradication des espèces exotiques envahissantes et restauration des écosystèmes ;
- Maîtriser les espèces exotiques envahissantes largement répandues et restaurer les écosystèmes.

Ces axes sont développés sous 23 actions (tableau), parmi lesquelles on met l'accent sur l'action 18 qui porte sur l'étude de la propagation des espèces en relation avec les changements climatiques.

Concernant les introductions d'espèces par les eaux de ballast outre la prise en considération de part cette stratégie ; il y a lieu de veiller au contrôle des registres des eaux de ballast des navires ; tout en plaidant pour la ratification de la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires (Convention BWM), adoptée en février 2004 et entrée en vigueur en septembre 2017.

---

<sup>5</sup> Élaboration d'une stratégie et d'un plan d'action pour la prévention, la gestion et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes en Tunisie (DGEQV – male 2018/19)

**Composantes du Plan d'action pour la prévention, la gestion et la Lutte contre les espèces exotiques envahissantes**

Action
Action 1 : Mettre en place une loi relative aux EEE et de ses textes d'application
Action 2 : L'accompagnement du projet de loi relatif aux EEE par les textes d'application
Action 3 : L'enrichissement du futur code de l'Environnement
Action 4 : Harmonisation du droit existant
Action 5 : Mise en place de l'Instance nationale de gestion des risques biologiques
Action 6 : La mise en place d'un Groupe National de travail sur les EEE (GNEEE)
Action 7 : Mutualisation des connaissances et renforcement de la capacité de recherche pour gérer les EEE
- Composante « appui aux programmes de recherche »
- Composante « programme de recherches intégrées »
Action 8 : Le développement des réseaux et des outils d'échanges d'information
- Création d'une base de données et d'un système d'information pertinent, dédiée aux EEE
- Mise en place d'un réseau national sur les EEE
Action 9 : La mutualisation et le partage de l'information entre les départements techniques concernés par le contrôle des EEE
Action 10 : La formation et l'éducation sur les EEE
- Formations régulières pour les acteurs socioéconomiques :
- L'organisation de formations des fonctionnaires responsables de la quarantaine ou des douanes et d'autres agents de contrôle aux frontières
- Formations pour techniciens agricoles/forestiers et les gestionnaires/conservateurs d'espaces naturels protégés :
- L'intégration des invasions biologiques dans les programmes scolaires d'éducation et de sensibilisation à l'environnement :
- Mise en place de programmes de formation au niveau des licences et masters :
Action 11 : L'élaboration et la mise en œuvre de campagnes d'information et de sensibilisation
- L'organisation de campagnes de sensibilisation et d'information ciblées sur les EEE :
- Synthèse des résultats des différentes campagnes de sensibilisation sur les EEE
- Soutien aux activités citoyennes dans la lutte contre les EEE.
Action 12 : L'élaboration de codes de conduite
Action 13 : L'identification et la gestion des voies et mécanismes d'introduction des EEE
- L'identification et la hiérarchisation de toutes les voies d'introduction accidentelles (non intentionnelles) des EEE
- L'élaboration et la mise en œuvre, en coopération avec les pays voisins, de plans d'action pour prévenir les introductions intentionnelles ou non intentionnelles d'EEE dès leur source ou point d'origine
Action 14 : Le renforcement des contrôles aux frontières et les mesures de quarantaine
- La revue et l'évaluation des systèmes de contrôle aux frontières
- Le renforcement des capacités de contrôle et de quarantaine aux frontières :
Action 15 : La surveillance continue et le suivi de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes
- Le développement d'indicateurs de suivi des EEE et de leurs impacts
- La Conception et mise en œuvre d'un système national de surveillance et de suivi des EEE
Action 16 : L'analyse socioéconomique sur des taxa pour lesquels il y a d'éventuels conflit d'intérêt
Action 17 : L'établissement des listes hiérarchisées des EEE en Tunisie
Action 18 : La conduite d'études sur la propagation des espèces en relation avec les changements climatiques
Action 19 : Concevoir des méthodes et techniques de prévention, de détection rapide et de maîtrise des EEE
Action 20 : Conception et mise en œuvre d'un dispositif des de suivi-évaluation des interventions
Action 21 : La préparation et la mise en place d'un plan d'intervention rapide ou d'urgence pour confronter les EEE
Action 22 : Elaboration et mise en œuvre d'un plan de lutte contre les EEE existantes et largement répandues
Action 23 : Elaboration et mise en œuvre d'un plan de restauration des écosystèmes impactés par les EEE

### 3.3.2 Objectif 1.2 : Préserver les fonctions écosystémiques terrestres.

#### 3.3.2.1 Perturbations observées et prévisibles au niveau des écosystèmes et des habitats

##### **a. Submersion marine, salinisation des sols et extension des sebkhas**

Les principales zones qui abritent les milieux humides, les plus soumises à la submersion et/ou la salinisation sont localisées à Sebket El Azib - Menzel Jemil, les îlots de la lagune et le complexe de zones marécageuses situées au Sud de la base militaire de Sidi Ahmed jusqu'à l'embouchure de l'Oued Haima. La submersion marine aura pour conséquence directe l'élargissement et l'étalement des sebkhas qui occuperont des étendues plus importantes. Les futures zones submergées, vaseuses et incultes occupées par les plantes halophytes (salicornes et autres) s'étendront et s'étaleront sur les zones les plus basses du milieu naturel et les terres agricoles les plus proches de la lagune.

##### **b. Dessèchement, réduction et disparition des zones humides dulcicoles ; les roselières de Garât Menzel Bourguiba et l'embouchure et les rives de l'Oued Tinja**

Les quelques sites dulcicoles (eau douce à légèrement salée), particulièrement les roselières (Roseaux et *Typha* notamment) de Garât Menzel Bourguiba et l'embouchure et les rives de l'Oued Tinja, qui ne représentent actuellement qu'environ 10% des zones humides (au moins 90% des zones humides sont des sebkhas), seront soumises à une forte salinisation.

Les zones dulcicoles et les roselières seront donc :

- De plus en plus réduites par dessèchement et manque d'apport d'eau douce ;
- Et/ou de plus en plus transformées en lagunes salées et sebkhas par submersion et salinisation avec disparition des roselières à *Thypha* dans un premier temps, suivies d'une perte totale des champs de roseaux conduisant à l'occupation des sites par les espèces halophytes.

Les zones humides de la région seront ainsi totalement transformées en des sebkhas à halophytes. Les conséquences de la submersion marine et de la salinisation dans ces secteurs peuvent être drastiques aussi bien sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes dulcicoles que sur leur biodiversité.

##### **c. Réduction et fragmentation des espaces et des habitats terrestres (forêts et maquis) vulnérables de la région**

L'élévation de la température, la sécheresse prolongée le manque de pluie et les pénuries répétées d'eau liés au réchauffement climatique auront pour conséquences d'appauvrir la végétation notamment en herbacées et plantes annuelles, de réduire les étendues occupées actuellement par les maquis et les garrigues qui vont être de plus en plus réduits et surtout plus fragmentés. S'y associeront éventuellement des incendies de forêts et à un pâturage plus intense. Dès lors, le milieu naturel terrestre sera soumis à une désertification progressive et une profonde transformation des paysages et des écosystèmes plus pauvres en végétaux et en animaux (particulièrement les insectes) liés aux plantes annuelles.

#### 3.3.2.2 Perturbations observées et prévisibles au niveau des espèces

##### **a. Espèces végétales introduites invasives**

Trois espèces invasives ont été reconnues, qui sont par ordre de dangerosité, la Morelle jaune *Solanum elaeagnifolium*, la Stramoine *Datura stramonium* et la Tabac d'Amérique *Nicotina glauca*. Ces trois espèces qui se rencontrent principalement à El Azib, à Menzel Abderrahmane, à Menzel Bourguiba (aux alentours de la Garâa et des zones proches d'El

Fouledh) et en d'autres endroits, constituent une véritable menace à la flore naturelle autochtone et à l'agriculture irriguée.

**b. Réduction et perte de la biodiversité en plantes aquatiques et semi-aquatiques des milieux humides**

Le dessèchement associé à la salinisation des cours d'eau douce aura pour conséquence la réduction puis la disparition successivement des Thyphés (le roseau à massette *Thypha angustifolia*), des roselières (le roseau commun *Phragmites communis*) et de tamarés (*Tamarix africana*). Ces trois espèces sont les plus vulnérables aux effets des changements climatiques ; leur maintien nécessite un apport continu en eau douce et des aménagements spécifiques pour réduire la submersion.

**c. Réduction et la perte d'espèces animales semi-aquatiques**

Les espèces semi-aquatiques liées aux écosystèmes dulcicoles sont :

- Tous les Amphibiens signalés dans le secteur, particulièrement la grenouille verte *Pelophylax saharicus* ;
- La tortue d'eau douce *Mauremys leprosa* ;
- La couleuvre vipérine *Natrix maura*.

Plusieurs autres espèces de petits invertébrés notamment les Mollusques terrestres qui sont aussi sensibles à la sécheresse et au manque d'eau et d'humidité des sols, seront menacées

**d. Vulnérabilité et réduction de la biodiversité des oiseaux d'eau**

Les petits écosystèmes dulcicoles de la région (secteurs de Garât Menzel Bourguiba et de l'Oued Tinja) sont des lieux de refuge, de repos, de nourriture et de gagnage et surtout de nidification de plusieurs espèces d'oiseaux d'eau. La réduction et la disparition de ces sites constituent de véritables menaces pour la biodiversité des peuplements de canards, foulques et fuligules, grèbes, sarcelles... dont plusieurs espèces sont déjà considérées comme menacées tels que le Blongios nain, la Sarcelle marbrée, la Fuligule nyroca et la Talève sultane.

**e. Risques sanitaires liées aux moustiques et à l'extension de leurs gîtes de reproduction**

L'éventuelle extension des sebkhas associée à la pollution aquatique par les rejets et les effluents liquides domestiques pourrait favoriser l'extension des gîtes de ponte des moustiques du genre *Aedes* dans la région. Le contrôle, le suivi et le traitement régulier de ces gîtes seront indispensables pour éviter les risques épidémiologiques potentiels pour la population comme pour la faune.

**f. Vulnérabilité de la faune et la flore aux incendies des forêts et des maquis limitrophes à la lagune.**

Les éventuelles fréquences et durées de sécheresse associées aux incendies auront pour effet de réduire la densité floristique et les étendues des maquis et des forêts de la région. Les écosystèmes naturels terrestres seront de plus en plus fragmentés et plus pauvres en couvert végétal ce qui se répercute sur la diversité et la densité animale par perte d'habitats et de ressources trophiques. Le réchauffement climatique, les incendies, les plantes invasives, la déforestation, le surpâturage et les multiples agressions anthropiques fragilisent les équilibres naturels et réduisent la diversité biologique par raréfaction des espèces vulnérables et disparition des espèces les plus menacées.

### **3.3.2.3 Réponses afin de préserver les principales fonctions écosystémiques terrestres**

#### **a. Dépollution des biotopes et des principaux milieux écologiques terrestres**

Il est indispensable de dépolluer les zones les plus touchées par des rejets liquides et les déchets solides notamment Garâat Menzel Bourguiba depuis la route Menzel Bourguiba-Tinja jusqu'à la plage Rondeau et El Fouledh. La prévention de toute continuité de rejets doit aussi être assurée par le contrôle et le suivi les plus sévères.

#### **b. Contrôle et élimination des plantes invasives**

Le risque de propagation des trois espèces invasives, signalées plus haut, à forte capacité de dissémination et de compétition avec les essences autochtones notamment dans les écosystèmes perturbés, est grand. Ces plantes introduites et invasives peuvent être néfastes pour le cortège floristique local. Elles doivent être contrôlées et éradiquées dans le cadre de programmes d'action dédiés.

#### **c. Aménagements nécessaires dans le cadre de la stratégie globale à définir**

- Limiter la submersion marine et l'extension des sebkhas en protégeant les berges de plans d'eau et des canaux, tel que par des digues et des brises lames ;
- Maintenir l'apport en eau douce à Garâat Menzel Bourguiba et à l'Oued Tinja.

#### **d. Assurer les moyens de surveillance et de lutte dans le cadre d'une stratégie globale**

Prévenir :

- L'apparition de toute espèce (animale ou végétale) introduite ou invasive ;
- Toute sorte de pollution (déchets solides ou liquides) ;
- La déforestation, le surpâturage, la surexploitation de la végétation naturelle et le braconnage des animaux ;
- Les feux de forêts ;
- Les inondations ;
- La prolifération des moustiques.

#### **e. Végétaliser les espaces dégradés par des essences locales**

Pour fixer le sol, améliorer l'état des paysages, préserver l'identité du territoire..., il est recommandé de planter plus d'arbres et arbustes autochtones comme le Caroubier, le Pin, le Peuplier... et éviter les essences introduites comme l'*Acacia* et l'*Eucalyptus*. Aussi, les haies de figuier de barbarie et de petits buissons peuvent constituer les lieux de refuge, d'alimentation et de nidification d'un grand nombre d'animaux. Le maintien de la diversité faunistique dépend de la complexité et de la diversité floristique.

#### **f. Prévoir des circuits naturels pour développer l'écotourisme**

Des sentiers et des circuits naturels peuvent être établis entre les zones humides dulcicoles, les forêts et maquis et les sites archéologiques de la région permettant des randonnées écologiques et culturelles. Un Schéma régional de cohérence écologique intégrant la pêche, l'agriculture traditionnelle..., doit être établi. Ce « tourisme vert » sera axé sur la découverte de la culture et de l'histoire locale et la découverte du patrimoine environnemental.

#### **g. Surveiller l'évolution de l'état de la Biodiversité dans le secteur : suivis et recensements périodiques des peuplements animaux et végétaux, notamment ceux des zones les plus vulnérables**

Des programmes de suivi et de contrôle de l'état de la biodiversité dans le secteur sont indispensables pour préserver les écosystèmes à long terme.

***h. Impliquer les habitants et les ONG locales dans toutes les actions prévues et l'exécution de la stratégie préconisée***

Les habitants, les agriculteurs, les pêcheurs, les bergers et les associations doivent être impliqués et responsabilisés dans la prise de décision, les aménagements de territoire et la politique socio-économique et environnementale préconisée.

***i. Prévoir des programmes d'éducation environnementale et de sensibilisation des citoyens.***

Des programmes d'éducation environnementale peuvent s'ajouter et s'associer à la création de réserves naturelles et de circuits de randonnées et d'écotourisme.

***j. Préserver les zones humides***

Les écosystèmes des zones humides dulcicoles qui nécessitent un aménagement permettant la préservation et la protection des roselières et de leur biodiversité faunistique, principalement l'Avifaune, sont localisées principalement à Garâat Menzel Bourguiba (Figure 9) et au niveau d'un petit marais situé sur la berge sud de l'Oued Tinja (à proximité du pont de Sidi Hassoun.



**Figure 7.** Localisation de Garâat Menzel Bourguiba



**Figure 8.** Localisation de la roselière du marais de l'oued Tinja

Ces deux zones sont caractérisées par la présence de plans d'eau douce, à légèrement salée, permettant le développement d'une luxurieuse et dense Thyphée (de roseau à massette, *Typha angustifolia*) associée à une roselière de roseau commun (*Phragmites communis*) et un cortège de plusieurs autres plantes hygrophiles (voir rapport 1ère Partie). Elles méritent une attention particulière dans l'aménagement du territoire et devraient avoir le statut de "Réserve naturelle" ou de "Site Ramsar" ou au moins de "Zone de non-prélèvement".

**Justificatif :**

Ces habitats sont principalement des lieux de repos, de refuge, d'alimentation et de reproduction d'un grand nombre d'oiseaux d'eau mais aussi de plusieurs autres espèces liées aux zones humides d'eau douce (Végétaux hygrophiles, Amphibiens, Tortue d'eau douce et même plusieurs espèces de Chauves-souris qui viennent s'abreuver et chasser les insectes...). La végétation des rives de ces marais est aussi riche et diversifiée. En effet, ces habitats limitrophes aux roselières abritent plusieurs petits Mammifères, des lézards, des couleuvres, des Mollusques gastéropodes, des insectes... La préservation des roselières est non seulement indispensable pour sauvegarder une riche et exceptionnelle Biodiversité (faunistique et floristique) de la région ; mais aussi pour les échanges, le bon fonctionnement et l'équilibre écologique des écosystèmes limitrophes, y compris l'Ichkeul.

**Travaux et Aménagements nécessaires :**

- Dépolluer les deux zones de toute sorte de rejets solides (décharges à ciel ouvert, résidus et déchets des chantiers construction, rejets solides d'El Fouladh...) autour le Garâat Menzel Bourguiba, à proximité d'El Fouladh, le long de plage Rondeau et le petit marais situé sur les berges de l'Oued Tinja ;
- Intercepter les eaux usées domestiques avant d'être rejetées dans le lac ou la lagune de M. Bourguiba (Louata, Maghraoua, Jouaouda, Om Hénî...).
- Contrôler le rejet liquide industriel et inciter les entreprises à s'y équiper par des installations de traitement
- Interdire le rejet des déchets solides provenant par les industries ou les entreprises de construction
- Prévoir des infrastructures pour le traitement des déchets solides dans cette région.
- Dépolluer les dalots et les canaux qui relie Garâat Menzel Bourguiba à la lagune

- Assurer l'alimentation des marais (Garâat Menzel Bourguiba et Marais de l'oued Tinja) en eau douce (ruissellement, canalisation des eaux usées traitées ou depuis le lac collinaire le plus proche...);
- Détruire radicalement toutes les plantes invasives de ces zones ;
- Végétaliser les terrains dénudés et créer des espaces verts par la plantation d'arbres et d'arbustes d'espèces autochtones permettant d'attirer plus d'animaux (particulièrement les oiseaux et les insectes...) et de rendre le paysage plus agréable ;
- Aménager des corridors permettant la continuité entre les plans d'eau, les roselières, les espaces verts... afin de faciliter le déplacement des animaux et assurer le brassage génétique des populations des espèces des zones humides ;
- Attribuer le statut de "réserve naturelle" à ces espaces aménagés et encourager l'écotourisme dans ces lieux tout en assurant la pérennité des roselières et leur biodiversité.

***k. Protection partielle de l'écosystème lagunaire***

Doter la zone lagunaire nord est d'un statut de protection national et ou mondial (réserve naturelle, site Ramsar ou zone de non-prélèvement). Cette zone pourra comprendre l'embouchure de l'oued Tinja, la zone lagunaire à l'entrée du canal de Bizerte et le chapelet des zones humides du nord-ouest de la lagune.



**Figure 9.** La zone lagunaire nord

## 3.4 Axe stratégique 2 : Développement des capacités pour la gestion des conflits autour de l'eau

### 3.4.1 Perturbations observées et prévisibles dans le domaine des eaux

#### ***a. Déficit d'apport en eau au Lac Ichkeul à la suite de l'aménagement d'une batterie de barrages***

Avant le programme de mobilisation des eaux de surface, ce lac naturel recevait 340 Mm<sup>3</sup> d'eau douce issue du bassin versant (ANPE, 2002). Cependant, l'aménagement des principaux cours d'eau à partir de 1983 (barrage de Joumine) et la mise en eau d'une batterie de barrages (Joumine, Ghezala, Sejnane, Melah, Tine et Douimiss en cours) ont engendré une réduction des apports d'eau douce au lac, de plus de 157 Mm<sup>3</sup>. Or l'apport d'eau douce est capital pour la pérennité de l'écosystème lagunaire. Ce déficit a largement affecté le fonctionnement originel du système laguno-lacustre de l'Ichkeul dépendant de la saisonnalité des apports d'eau douce continentale et celle marine issue de l'échange avec la Lagune de Bizerte via l'oued Tinja.

Ainsi, ce barrage intensif des cours d'eau a provoqué sans retour, un déséquilibre hydrologique et écologique bien perceptible avec une raréfaction de la biodiversité, des modifications profondes de la qualité des eaux du lac (salinisation), et une réduction de l'extension spatiale du plan d'eau particulièrement en période de sécheresse.

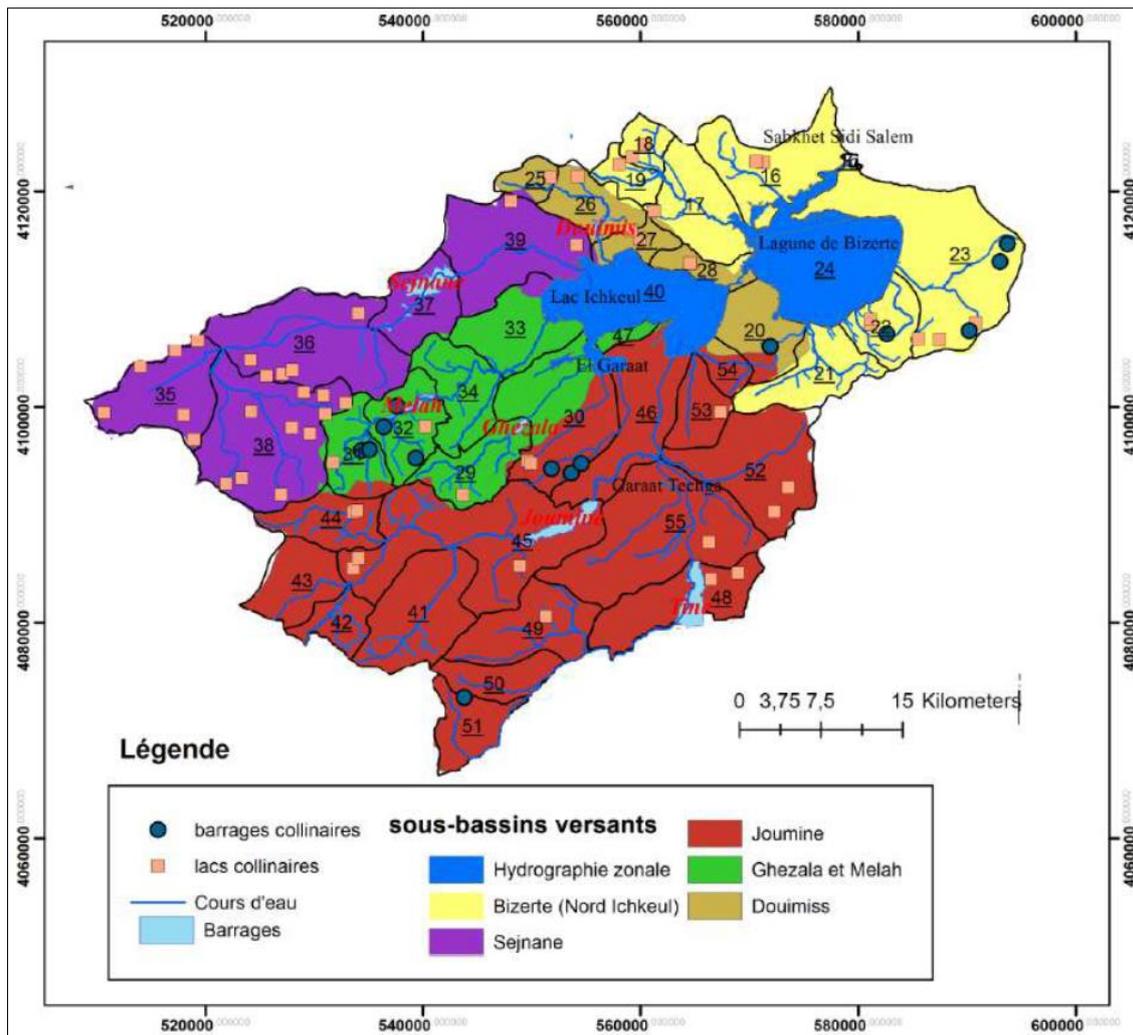


Figure 10 : Situation des aménagements hydrauliques de la zone d'étude (DGRE, 2012)

### ***b. Séquences sèches prolongées***

Le Lac Ichkeul a été soumis durant la période (1992/1993 à 2001/2002) à deux périodes prolongées (3 et 4 ans respectivement) de sécheresse plus ou moins prononcées. Les apports d'eau nettement déficients par rapport à la normale pendant ces dix (10) ans, ont engendré des augmentations de salinité, avec des records de 80 g/L en septembre 2002 mais aussi des salinités en hiver supérieures à 20 g/L en 2000, 2001 et 2002. L'analyse révèle qu'en moyenne, une année sèche se distingue par une récurrence de 6 ans. Cette sécheresse est plutôt modérée, à l'exception de l'année 1981, lorsqu'elle était forte sur 27% de la surface du bassin versant. Tout l'espace de ce bassin est susceptible à la sécheresse, avec un risque croissant de l'Ouest à l'Est.

### ***c. Risques d'inondation, d'érosion et glissement de terrains***

Le risque d'inondation dans le bassin d'étude est globalement faible à moyen, voire très faible dans les zones élevées alentours. Ce risque est néanmoins fort dans l'espace urbain au Nord et au Nord-Est, à proximité de la Lagune de Bizerte, représentant 10% de la surface totale du bassin.

Les pluies extrêmes en présence de pentes élevées, de faciès à dominante meuble et un couvert végétal maigre ou peu développé, sont autant de facteurs responsables du déclenchement et de l'amplification des glissements de terrain dans le Nord de la Tunisie. Ce risque naturel est accentué par les facteurs socioéconomiques dont le surpâturage, la non-adaptation des pratiques agricoles, le morcellement des terres et l'expansion des espaces urbains et agricoles aux dépens du domaine forestier et des prairies naturelles.

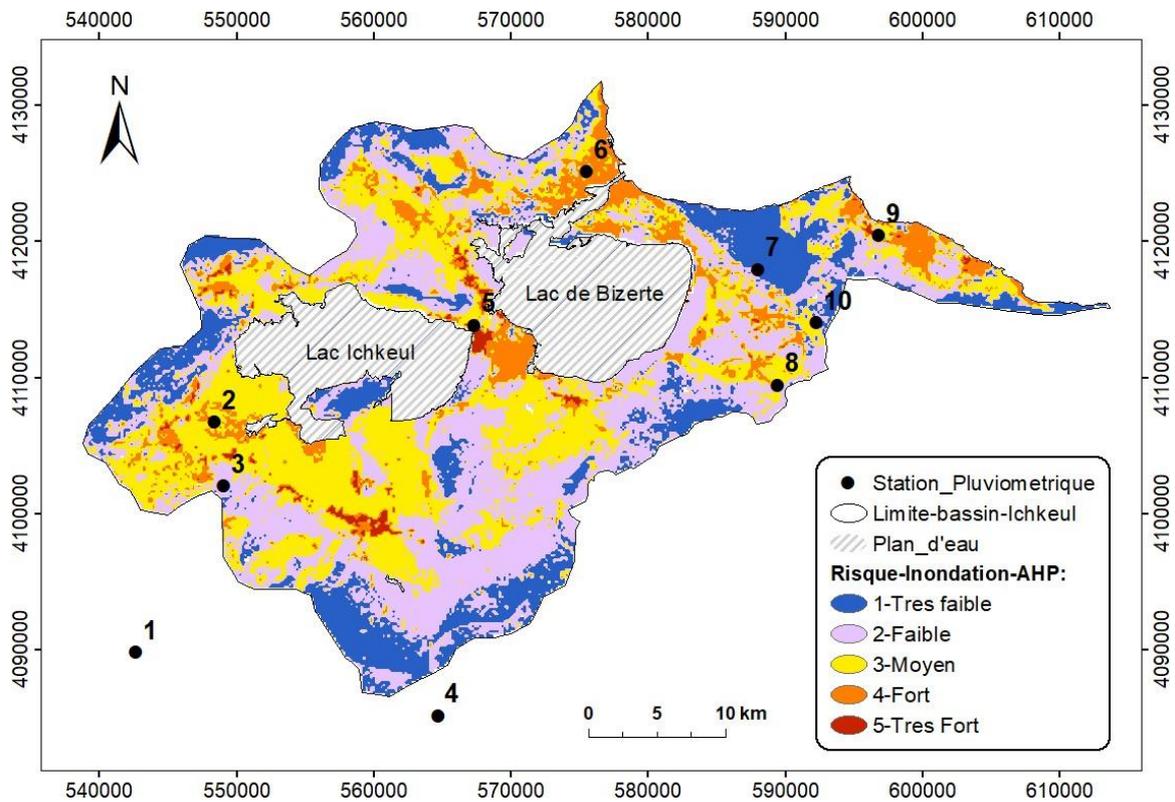
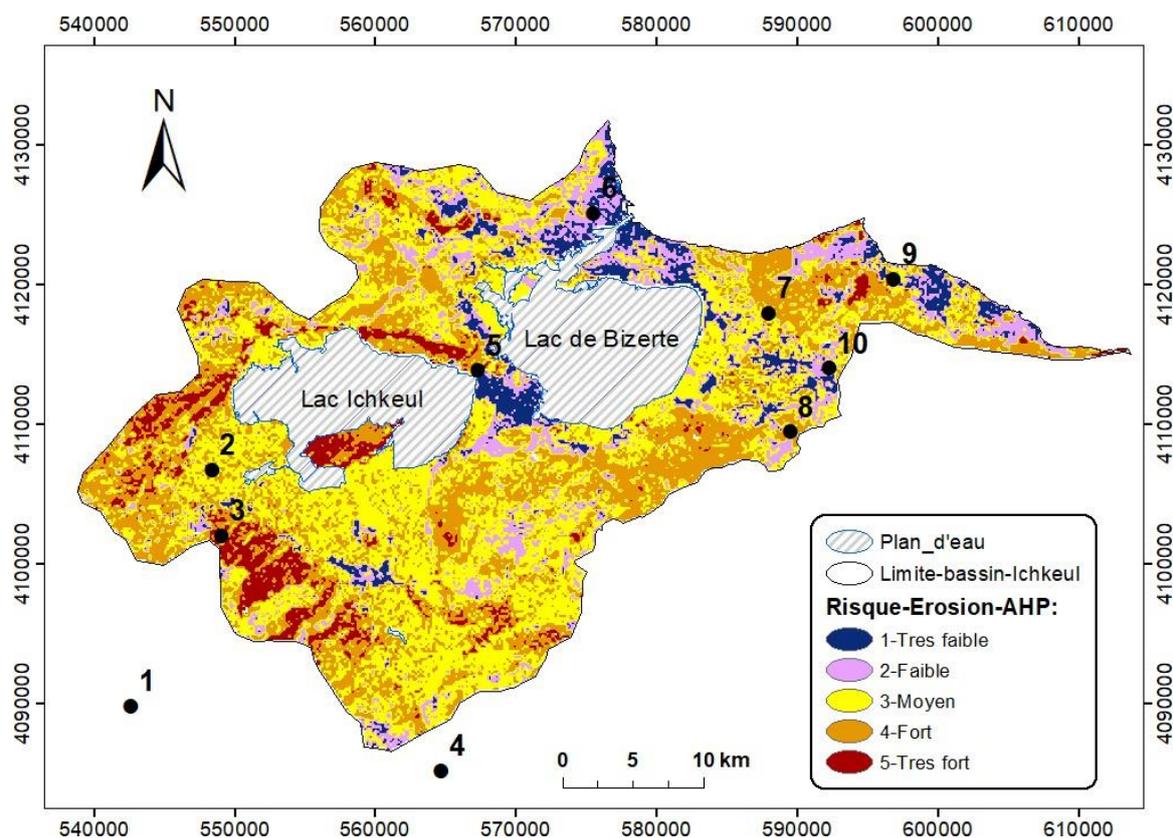


Figure 11. Carte du risque d'inondation développée par la méthode AHP



**Figure 12.** Carte du risque d'érosion développée par la méthode AHP

Le risque d'érosion dans le Bassin Versant Bizerte – Ichkeul est dans l'ensemble faible à modéré, mais il peut localement être très fort au Jebel Ichkeul et dans la partie Sud du sous-bassin situé en amont du Lac Ichkeul. Ce risque est également assez fort à l'Est dans les sous-bassins versants drainés par la Lagune de Bizerte. De manière similaire au risque d'inondation, le risque d'érosion hydrique associé augmenterait très sensiblement à l'avenir, en lien avec la récurrence et la sévérité des événements hydrologiques extrêmes guidés par les changements futurs du climat.

#### **d. *Envasement du Lac Ichkeul***

Les déblais sont surtout localisés dans les embouchures des oueds en raison des forts lâchers d'eau de barrages, alors que les dépôts sédimentaires s'accumulent en bordure de l'écluse de l'Oued Tinja et au centre du lac. Le faible effet de chasse des sédiments fins via l'oued Tinja, provoque leur accumulation locale et gêne, sinon obstrue la communication d'eau entre le Lac Ichkeul et la Lagune de Bizerte. Ceci peut conduire aux longs termes, au risque de déséquilibre hydro-sédimentaire de l'écosystème. L'accumulation des sédiments dans le Lac Ichkeul, particulièrement à l'entrée de l'écluse, est due aux apports solides de pluies enregistrées durant les périodes automnales et hivernales des principales années pluvieuses.

#### **e. *Pollution et conflits autour de l'usage de l'eau***

Le périmètre du Lac Ichkeul, son massif et ses marécages, occupe la partie Est de la plaine de Mateur. La région est à vocation agricole depuis l'antiquité, et localement urbaine et industrielle. L'activité agricole engendre des rejets de fertilisants, d'insecticides et d'herbicides qui peuvent parvenir directement au Lac Ichkeul, ou indirectement par l'intermédiaire du réseau de drainage qui l'alimente. Dans ce contexte, chacune de

composantes de l'écosystème (faune, flore, population locale, population riveraine, agriculture, etc.) formule ses besoins hydriques qui sont sans cesse en augmentation pour assurer d'une part la pérennité de l'écosystème global et d'autre part la continuité des activités socio-économiques Ceci entraîne inévitablement des conflits autour de l'usage de l'eau.

L'oued Tinja, exutoire naturel du Lac Ichkeul représente la principale source d'apports liquides, solides et en éléments nutritifs (composés azotés et phosphate notamment) à la Lagune de Bizerte. Celle-ci reçoit aussi des concentrations en métaux lourds à partir des sédiments superficiels de l'oued Tinja, alimentés par les apports naturels du bassin versant Ouest, du lessivage de nombreux déblais miniers anciens dans ce bassin, et des affluents agricoles, urbains, industriels, particulièrement ceux des villes Mateur et Tinja. Ces apports en métaux toxiques peuvent provoquer des perturbations plus ou moins importantes, néfastes et irréversibles affectant la faune et la flore aquatique de l'ensemble de l'écosystème Lac Ichkeul-Lagune de Bizerte, et par conséquent l'ensemble de l'équilibre écobioologique (Ben M'Barek, 2001 ; Garali et al. 2008).

#### ***f. Surexploitation des nappes et épuisement de ressources souterraines***

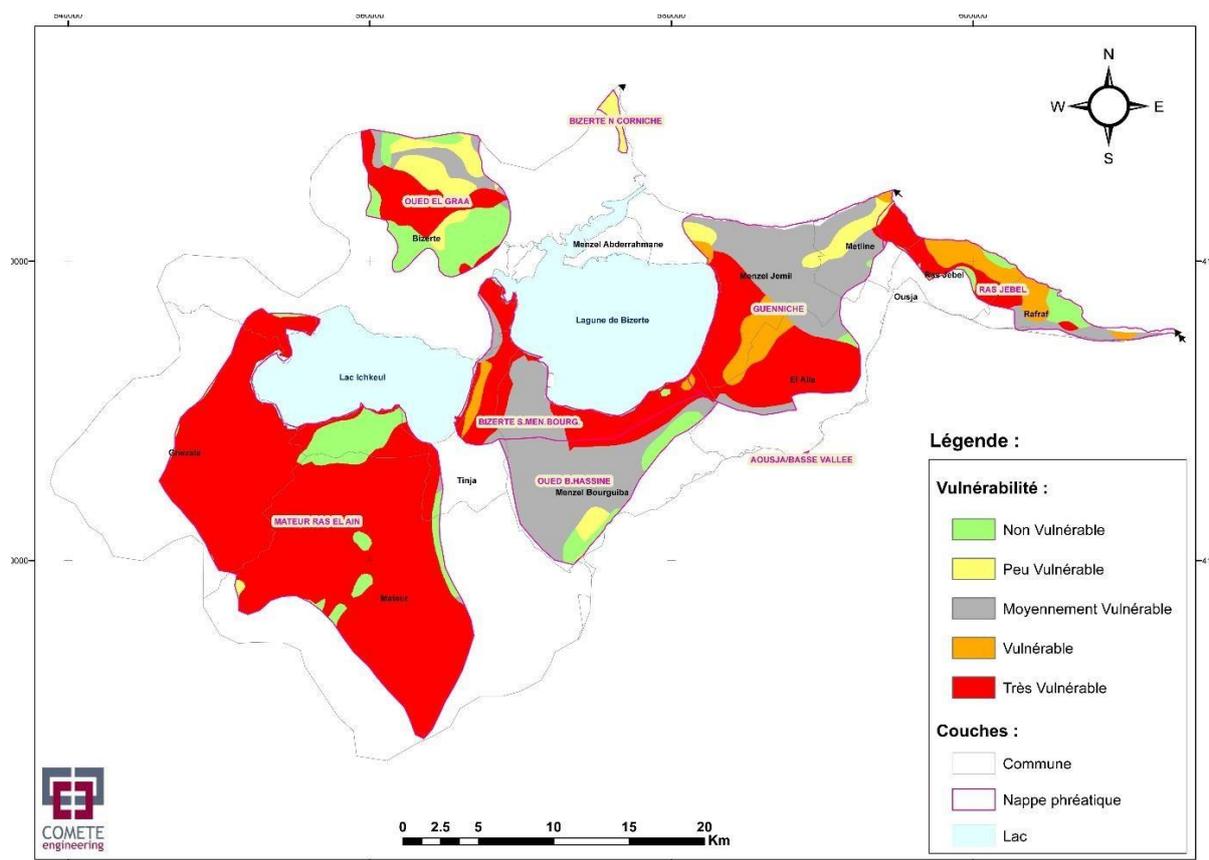
La surexploitation est provoquée par l'extraction d'un volume d'eau de la nappe, supérieur au volume de la recharge. Cette surexploitation est d'autant plus préoccupante qu'elle puisse perdurer notamment durant des périodes de sécheresse. Cela se traduit par une baisse continue du niveau piézométrique, voire aussi par la salinisation des eaux de nappe. Si à court terme, cette problématique peut ne pas être très préoccupante, à long terme l'épuisement dû à la surexploitation de la plupart des ressources en eau souterraine paraît inévitable. En effet, le renouvellement de la charge des réservoirs aquifères est lent, voire très lent, et le comblement des gaps liés aux prélèvements excessifs, ne sont pratiquement jamais immédiats.

Les impacts de la surexploitation de la plupart des nappes, se sont traduits se traduisent par :

- Un abaissement continu du niveau piézométrique qui a dépassé (-20 m) dans au moins certaines nappes ;
- Une réduction de la productivité des ouvrages de captage (nappe de Ras Jebel);
- Un accroissement continu de la salinisation des eaux souterraines, suite à la rupture d'équilibre entre l'eau douce et l'eau salée favorisant l'intrusion du biseau salin (nappes de Guenniche et de Ras Jebel).

#### ***g. Intrusion marine et intrusion des eaux lagunaires***

En cas d'une EANM et en l'absence de mesures efficaces d'adaptation, les aquifères seront menacées par une intrusion d'eau marine. Le rapport sur la Contribution Nationale Déterminée (INDC) en 2015 avance une perte de 50 % des ressources actuelles de ces nappes à l'horizon 2030. Leur vulnérabilité est d'autant plus grande qu'elles se situent dans des zones à forte pression anthropique, en raison de la forte densité de population et des activités socioéconomiques multisectorielles qui s'y sont implantées. Cette pression concernant l'usage de l'eau serait mise à l'avenir sur les nappes profondes pour compenser l'épuisement des eaux de surface et phréatiques aggravé par les changements du climat.



**Figure 13.** Carte de risque de la salinisation des eaux souterraines dans le bassin versant du complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte

Une intrusion marine entraînerait la perte de 53% des réserves actuelles des nappes phréatiques littorales (Ministère de l'Équipement et de l'Environnement, 2013)<sup>6</sup>, avec un impact négatif fort sur le plan socio-économique : en particulier une perte du potentiel d'irrigation avec un impact direct sur le rendement du secteur agricole (perte indirecte estimée à 10% des périmètres irrigués, 2<sup>ème</sup> Com, Nat. CUNUCC 2013 et rapport INDC 2015). L'intrusion marine touche déjà la quasi-totalité des nappes côtières depuis Bizerte jusqu'à Zarzis-Jerba où des périmètres de sauvegarde et d'interdiction ont été instaurés pour certaines nappes depuis 1941. En plus des nappes côtières, le processus de contamination atteint aussi les nappes internes riveraines des sebkhass et de lacs (cas de la Lagune de Bizerte) où l'intrusion des eaux salées des sebkhass suit un mouvement similaire à celui de l'intrusion marine affectant ailleurs les nappes côtières. Les salinités moyennes dans les nappes phréatiques en état de surexploitation atteignent fréquemment des valeurs de l'ordre de 5 g/L avec des maximales supérieures à 10 g/L (Médénine : 11g/L, Gafsa : 11,8 g/L, Zaghouan : 10,5g/L). Ces niveaux de salinité ne permettent désormais plus l'usage de l'eau pour une agriculture, et une économie durable basée sur le rendement de ce secteur.

Cet impact de l'EANM est lié à une charge hydraulique de plus en plus élevée sur les limites des nappes qui joue en faveur de l'intrusion marine. Les travaux de modélisation des écoulements souterrains des nappes surexploitées en Tunisie effectués dans le cadre de projet : Etude sur les ressources en eau côtières et les impacts de l'élévation du niveau de la

<sup>6</sup> Source : Ministère de l'Équipement et de l'Environnement, 2013. Seconde Communication Nationale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Ce document a été préparé en 2011 et publié en décembre 2013 avec l'appui du GEF et du PNUD-Tunisie.

mer, Tunisie (APAL, DGRE and PNUD, 2018)<sup>7</sup> ont montré qu'aux horizons 2030, 2050 et 2100, la baisse piézométrique sera aggravée et que les ressources de la nappe seront très amoindries. La modélisation du transport de solutés a montré que l'intrusion marine de ces nappes surexploitées continuera à s'accroître, avec des taux de salinité dépassant 20 g/L en 2100 (nappe de Ghar El Meleh et Jerba). Dans ce contexte, les nappes les plus vulnérables dans le bassin versant du complexe lagunaire de Bizerte sont celles de Guenniche, de Bizerte Sud -Menzel Bourguiba, et la nappe de Ras Jebel.

#### ***h. Salinisation des aquifères liée à la surexploitation des nappes***

Dans le bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte, les nappes phréatiques de Menzel Bourguiba, Guenniche et Ras Jebel présentent de forte baisse piézométrique liée, essentiellement, à la forte exploitation des ressources de ces aquifères. La surexploitation de ces nappes est suivie d'une salinisation (Lachaal et al, 2023)<sup>8</sup>. Le phénomène de salinisation qui s'installe de manière progressive, peut avoir des conséquences qui affectent sérieusement la durabilité de l'irrigation. Il en résulte la dépression des rendements des cultures à cause de la salinité élevée de l'eau qui dépasse largement le taux de tolérance des plantes, mais aussi la salinisation et la dégradation irréversible de la texture et de la structure des sols chèrement aménagés. Par exemple, la salinisation et la remontée de la nappe phréatique de Grombalia provoquent l'asphyxie des champs d'agrumes à Menzel Bouzelfa et à Beni Kalled (Lachaal et al, 2016). Il faut donc s'attendre à ce que le même phénomène se produise pour les nappes de la zone d'étude en cas d'une sollicitation excessive des aquifères côtiers à l'avenir.

La dégradation locale des niveaux piézométriques a conduit dans plusieurs situations à un approfondissement anarchique des puits et un renchérissement du coût énergétique de pompage, d'où cette demande pressante des agriculteurs pour l'électrification des puits. La qualité de l'eau est aussi altérée par des problèmes croissants de salinité notamment dans des régions autres que les zones côtières soumises aux effets de l'EANM.

Depuis plusieurs années la nappe de Ras Jebel se trouve en état de surexploitation avancé, matérialisé par une forte baisse de la piézométrie et une dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines. La situation hydrogéologique dans la zone côtière de la région de Ras Jebel est plus critique avec l'apparition d'une dépression piézométrique de -5m et de forte salinité dépassant le 6 g/l (Lachaal, 2023)<sup>9</sup>. Face à cet état critique, un programme de sauvetage des ressources de la nappe est lancé par la DGRE et le CRDA de Bizerte en 1992. Il consiste à adopter la recharge artificielle de la nappe par les eaux de surface moyennant au réseau d'irrigation de SECADENOR. Dans le but d'évaluer et d'étudier les impacts qualitatifs et quantitatifs de la recharge artificielle sur les eaux de la nappe, le CDRA de Bizerte a proposé ce sujet.

---

<sup>7</sup> Source : Etude sur les ressources en eau côtières et les impacts de l'élévation du niveau de la mer, Tunisie. Rapport d'évaluation de la vulnérabilité des ressources en eau (phase 1) et de la vulnérabilité socio-économique (phase 2) face à l'élévation du niveau de la mer.

<sup>8</sup> Source : Dans le bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte, les nappes phréatiques de Menzel Bourguiba, Guenniche et Ras Jebel présentent de forte baisse piézométrique liée, essentiellement, à la forte exploitation des ressources de ces aquifères. La surexploitation de ces nappes est suivie d'une salinisation (Lachaal et al, 2023).

<sup>9</sup> Lachaal F., Chargui S., Jebalia, N., Ayari, K., Triki, L., Gabtni, H., 2022. Adapting groundwater artificial recharge to global and climate change in water stressed coastal region: the case of Ras Jebel aquifer (North Tunisia). Arab J Geosci. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10453-3>

Outre les impacts directs de la surexploitation des nappes phréatiques, sur les performances des exploitations agricoles (dépression des rendements, salinisation des sols, baisse des revenus, etc.), signalés auparavant ; d'autres impacts seraient attendus aux niveaux local et national. En effet, le développement économique local connaîtra un manque à gagner lié à ces problèmes de surexploitation des aquifères, dans une situation où les agriculteurs ne sauront plus en mesure de s'adapter à des exploitations qui peuvent leur assurer des revenus suffisants.

Ce phénomène de surexploitation et de salinisation de l'eau continuera à s'étendre à l'avenir, à toutes les nappes, en particulier celles phréatiques. Des dispositions réglementaires et de protection efficace devraient être mises en œuvre à titre préventif pour atténuer les impacts, et pour prévenir le risque futur encouru en termes de sécurité alimentaire.

### ***i. Dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines***

Une pollution notable, dite diffuse, provient d'épandages de quantités élevées de fertilisants solides ou liquides sur des superficies cultivées importantes : engrais, pesticides, herbicides. Les cultures autour du complexe lagunaire du Lac de Bizerte sont principalement des céréales et des cultures maraichères et arboricoles. Les engrais chimiques et les pesticides d'usage quasi-systématique, présentent le risque de contamination des eaux de surface et des eaux de retour de l'irrigation par les nitrates, le phosphore et les pesticides notamment, et leur infiltration en profondeur. La porosité importante des alluvions anciennes constituant les réservoirs phréatiques favorise l'infiltration directe de ces polluants et leur concentration dans les aquifères.

Les données des publications de la DGRE (Annuaire de la Qualité Chimique des Eaux) indiquent une pollution de plus en plus accentuée des aquifères par les nitrates, certainement en relation directe avec l'emploi inadéquat ou excessif de l'azote dans la pratique agricole irriguée. Or, l'arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des PME du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur, fixe à 50 mg/L la teneur en nitrates des eaux de rejets dans le domaine public hydraulique, et la norme NT 109-14, à 45 mg/L des teneurs en nitrate dans l'eau de boisson. Ces normes devraient donc être respectées.

Les teneurs en nitrate d'une grande partie des eaux du bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte, dépassent actuellement la valeur limite précédente pour les nitrates, des eaux rejets dans le domaine public hydraulique. A titre d'exemple, la teneur en nitrates varie de 1,9 et 421,01 mg/L dans les eaux de la nappe de Guenniche (Troudi et al 2020) et de 21,29 et 503,39 mg/L dans les eaux de la nappe phréatique de Ras Jebel (Lachaal, 2018). Les nitrates proviennent, généralement :

- De la fertilisation excessive des zones agricoles par des engrais qui permettent la fixation de l'azote minéral de l'air et de sa transformation en composés azotés ;
- Des rejets d'effluents domestiques et industriels riches en nitrates qui sont lessivés en surface et infiltrés dans les eaux pluviales.

Les teneurs en nitrates dans les eaux des nappes phréatiques figurant dans le tableau suivant sont extraites de l'Annuaire de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes (DGRE, 2017).

**Tableau 5.** Qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes, bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte, 2017 (DGRE, 2017) ; RS ; résidu sec.

	N°	Nom de la nappe	Code DGRE	Taux d'exploitation (%)	RS (mg/L)		NO <sub>3</sub> (mg/L)	
					Min	Max	Min	Max
Phréatique	1	Oued Ben Hassine	13140	48				
	2	Mateur Ras El Ain	13510	83	888	1770	25	129
	3	Oued El Graâ	13110	100				
	4	Ras Jebel	12310	133	1248	3834	145	249
	5	Guenniche	13120	173	774	2100	21	234
Profonde	6	Remplissage Quaternaire de Mateur	13511	13	882		21	
	7	Calcaire Campanien de Mateur	13521		1794		40	

Les concentrations en nitrate sont faibles pour les nappes profondes et elles sont inférieures à la valeur limite maximale des normes des eaux potables (50 mg/L), fixée pour le nitrate par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). À titre d'exemple la teneur en nitrate des eaux de la nappe profonde du Remplissage Quaternaire de Mateur est de 40 mg/L. Au contraire, la teneur en nitrate nappe dans la nappe de Ras Jebel dépasse largement la valeur limite indiquée.

***j. Non-disponibilité des eaux en quantité et qualité suffisantes pour répondre aux besoins des usagers***

La salinisation des eaux des aquifères côtiers, due à une remontée d'eau salée ou à la forte exploitation, constitue un problème pour la consommation humaine, pour l'agriculture, pour les activités socio-économiques. Ses conséquences écologiques et sur la biodiversité doivent aussi être prises en considération.

Le changement climatique peut affecter les aquifères littoraux (les nappes phréatiques de Ras Jebel, Ghenniche, Oued El Graa et la profonde de Plio-quaternaire de Guenniche) en modifiant le niveau marin ainsi que la distribution spatio-temporelle des précipitations efficaces constituant la recharge des aquifères. Les impacts potentiels sur les ressources en eau souterraine des aquifères côtiers peuvent être :

- Une modification de l'équilibre hydrodynamique entre l'aquifère et la mer, qui se manifeste par un inversement de gradient hydraulique de la mer vers l'aquifère et par la suite par une migration de l'interface eau douce – eau salée due à une remontée du niveau marin ;
- Une inondation des zones basses (par rapport au niveau de la mer) par de l'eau de mer et infiltration de l'eau de mer dans les aquifères libres, d'où leur condamnation définitive ;
- Une diminution de volume d'eau de la recharge naturelle des aquifères due à une variabilité spatio-temporelle des précipitations et de l'évapotranspiration, et à une restriction de l'étendue utile des réservoirs aquifères actuels.

L'EANM entrainera donc une baisse considérable des ressources renouvelables des aquifères, mais aussi la dégradation de leur qualité chimique ; il en résultera **la non-disponibilité des eaux en quantité et qualité suffisantes pour répondre aux besoins sectoriels d'usage de l'eau.**

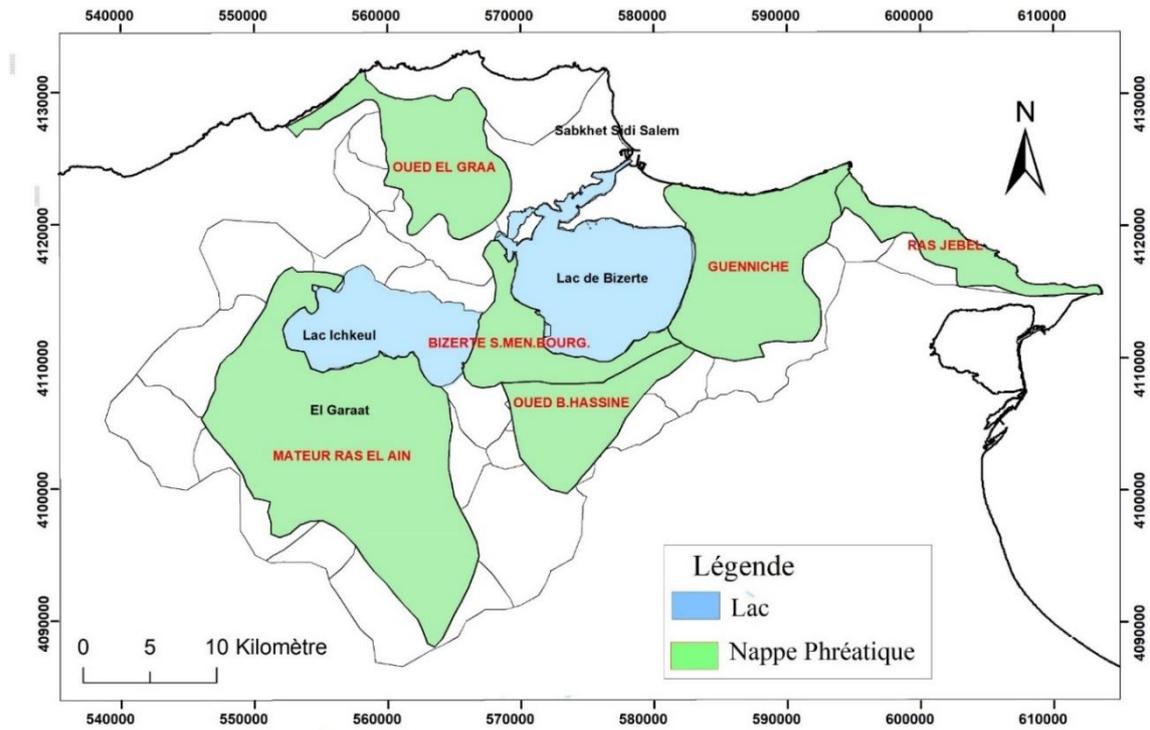


Figure 14. Localisation des nappes phréatiques du bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte (Cartes agricoles).

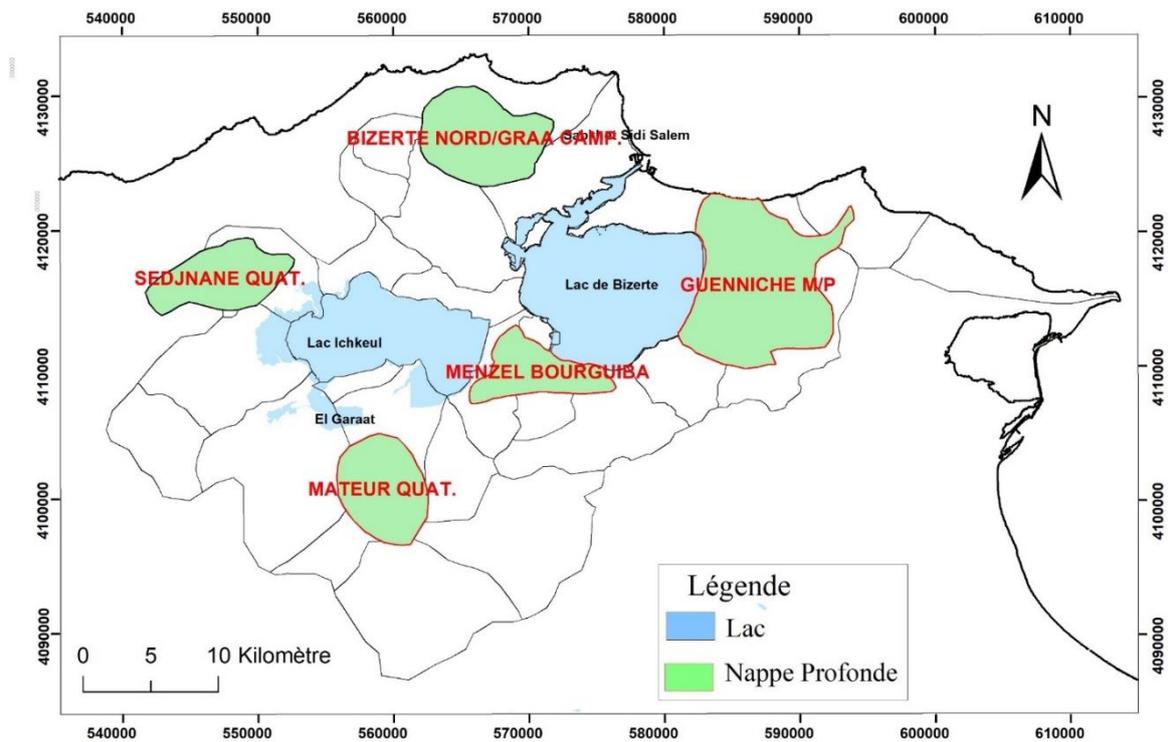


Figure 15. Localisation des nappes profondes du bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte (Cartes agricoles)

### 3.4.2 Objectif 2.1 : Protection, gestion et préservation des ressources disponibles

#### **a. Gestion de la demande en eau**

Cette gestion constituera un axe principal dans la politique générale de l'eau dans le futur afin de maîtriser la consommation sectorielle, notamment dans l'agriculture qui est le plus gros consommateur des ressources en eau (84% environ à l'échelle nationale) dans la zone du projet, l'agriculture utilise presque 100% des ressources en eau des nappes phréatiques et 58% des ressources des nappes profondes (Phase 1). Les outils de cette gestion doivent se baser essentiellement sur l'économie d'eau, sa valorisation et la rationalisation de l'utilisation surtout dans le domaine agricole. Pour atteindre ces objectifs, l'amélioration de la législation sur l'eau et son application sévère, ainsi que l'instauration des institutions qui permettent une meilleure gestion de la demande en eau au niveau des différents secteurs socio-économiques sont à recommander.

La rentabilité économique, notamment de l'agriculture, sera le facteur qui influencera le plus l'utilisation de l'eau. En effet, l'agriculteur devra s'orienter de plus en plus vers le choix des cultures qui rentabilisent au maximum l'eau destinée à la production, et de la valorisation du facteur eau par l'amélioration des services après production (conditionnement, transformation et commercialisation).

Une gestion raisonnée de la demande en eau porte sur des approches techniques et organisationnels et financiers. Parmi les axes les plus importants, on note :

- La maîtrise de la demande en eau à travers la tarification et le mode de comptage. La tarification déjà d'usage dans le pays, est l'un des outils bien incitateurs à l'utilisation rationnelle de l'eau par tous les usagers. De plus, le système tarifaire doit tendre vers l'application des prix réels de l'eau. Ce système devra avoir pour objectif dans une première étape, le recouvrement des frais de gestion et de maintenance des réseaux de distribution et dans une deuxième étape, l'intégration des frais de renouvellement, voir même d'une partie des investissements de base.
- L'information et sensibilisation des abonnés et des utilisateurs de ressources en eau. Les utilisateurs (habitants, agriculteurs, industrielles) doivent prendre conscience que la ressource doit être partagée et qu'il est dangereux de la surexploiter.
- La modernisation et le développement des infrastructures et le renforcement de leur résilience vis-à-vis de aléas sur la ressource. A titre d'exemple 50% environ des canalisations de SONED ont plus de 50 ans d'âge (BPEH, 2022),
- La réorganisation du secteur et le renforcement de la gouvernance. En plus de SONED, responsable de la distribution des eaux potables, il est recommandé de mettre en place une institution (agence ou office) de l'eau, dédiée à la gestion de la demande des ressources en eau à l'échelle de tout le bassin versant du complexe lagunaire du lac de Bizerte. Cette agence avec les autres les institutions responsables de secteur de l'eau : à l'échelle régionale (le CRDA de Bizerte) et nationale (SONED, DGRE, BPEH.). L'appui et la création de GDA responsable de la gestion de ressources en eau à l'échelle locale (périmètre d'irrigation) reste une piste à développer en plus.

## **b. Economie d'eau et amélioration de l'efficience d'usage**

Dans le cadre d'une utilisation optimale des ressources en eau disponibles, la Tunisie a adopté une stratégie nationale d'économie d'eau<sup>10</sup> qui comporte des encouragements à la diffusion des techniques d'économie d'eau, des instruments juridiques et institutionnels et une politique tarifaire destinée à maîtriser la demande (Stratégie Eau 2050, BPEH, 2019).

Afin d'alléger la pression de la demande sur la ressource et d'en tirer une meilleure valeur ajoutée, l'économie d'eau reste l'une des actions à renforcer dans le cadre de cette stratégie à long terme. L'essentiel de l'économie devrait se faire au niveau du secteur le plus consommateur d'eau qui est l'agriculture. L'économie d'eau a comme objectif principal la valorisation du mètre cube d'eau exploitée au niveau des différents secteurs. Les outils permettant l'économie d'eau sont essentiellement l'amélioration des rendements des réseaux, la sensibilisation des usagers, l'encouragement à l'utilisation des techniques d'économie d'eau, et la tarification (MARHP, 2017).

En agriculture, pour maximiser l'efficacité de l'eau utilisée par les cultures, il faut à la fois conserver l'eau et encourager une croissance maximale. La première de ces tâches impose de minimiser les pertes dues au ruissellement, à l'infiltration, à l'évaporation et à la transpiration des adventices. La deuxième commande de planter des cultures à haut rendement bien adaptées au sol et aux climats locaux. Ainsi, plusieurs mesures d'économie d'eau ont été prises :

- Encouragement à l'utilisation des techniques d'irrigation à meilleur rendement et l'arrosage en goutte-à-goutte ;
- Augmentation des prix de vente de l'eau en vue de maîtriser la demande ;
- Encouragement des exploitants à adopter des techniques d'économie d'eau à la parcelle ;
- Campagnes de sensibilisation et de vulgarisation sur les techniques d'irrigation pour la réduction des pertes.

Seul l'encouragement au choix de culture résilientes à la sécheresse et celles nécessitant une simple irrigation d'appoint semble avoir été laissé sous silence. L'on pourrait s'étonner en effet que le renouvellement des oliveraies domestiques de jadis soit pratiquement oublié, en faveur de nouvelles oliveraies issues du bouturage et qui sont de loin les plus exigeantes en eau d'irrigation et à longueur d'année, dans un pays pauvre en eau.

Quant à l'eau potable, la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE) a entrepris diverses actions d'économie d'eau. Il s'agit en particulier du contrôle des réseaux de distribution, de la modernisation des équipements de mesure et de gestion à distance, du suivi de la consommation des principaux abonnés, et de la généralisation des outils de quantification au niveau de la production et de la distribution. L'adoption d'une tarification croissante en fonction de la consommation est destinée à inciter les consommateurs à réduire les gaspillages et rationaliser l'utilisation de l'eau.

Le volume d'eau produit par dessalement de l'eau de mer demeure très réduit (7,8 Mm<sup>3</sup> en 2018 ;), soit environ 1,12% du total 698,1 Mm<sup>3</sup> produit par la SONEDE (SONEDE, 2018).

---

<sup>10</sup> BPEH, 2019. Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « EAU 2050 ». Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche Bureau de la Planification et des Equilibres Hydrauliques (BPEH). BPEH, KFW, GIZ, 2019.

Cette production par dessalement est d'autant plus dérisoire, que la technique peut être associée à la production d'eau potable moins énergivore. Éventuellement, le dessalement peut même être couplé avec l'utilisation d'énergie verte par des moyens photovoltaïques ou éoliens. Il reste néanmoins à prouver que les projets de production d'énergie verte en Tunisie soient rentables sur la base d'études technico-économiques vérifiées. Autrement, ce type d'entreprises peut ne pas générer suffisamment de Cash-flow pour la reconduite autonome des projets à la fin de leurs cycles de vie. Le résultat conduira dans ce cas obligatoirement à des emprunts sans cesse, et par suite au surendettement et l'insolvabilité.

D'ailleurs, le déficit compréhensible de l'encouragement dans ce secteur basé sur la production d'eau par les moyens d'énergie verte, voyant les coûts de production exorbitants qui conduisent toujours aujourd'hui la SONEDE à vendre le m<sup>3</sup> d'eau vert à perte flagrante, conduit jusqu'aujourd'hui à un taux de production dérisoire d'eau dessalée par rapport aux autres ressources nationales. Pour s'en convaincre, il serait utile de chercher l'avis de la SONEDE à ce sujet (voir les projets PNAQI et PNAQII, 2013-2023), car si ce type de projet basé sur l'énergie verte est rentable, il serait absurde d'admettre que cette entreprise refuse de s'engager sur cette voie pour son intérêt et donc l'intérêt national.

### ***c. Intégration de l'eau virtuelle dans le bilan de l'eau, exportation/importation et empreinte en eau***

L'eau virtuelle désigne le volume d'eau nécessaire à la production d'un produit. Le concept est surtout utilisé pour décrire les quantités d'eau associées au commerce des produits. L'eau virtuelle utilisée par la culture dépend de plusieurs facteurs tels que la nature et le mode conduite (irrigué ou en pluvial) de cette culture, des conditions climatiques et des autres facteurs de production. Elle diffère donc d'une culture à une autre.

Une analyse qui intègre l'eau virtuelle dans une vision globale comprenant l'ensemble des ressources en eau (verte, bleue, grise et virtuelle) dans une perspective de développement durable a montré que l'eau virtuelle verte est plus importante pour les céréales et les arbres fruitiers que pour les cultures maraichères. Cela signifie que les céréales et les arbres fruitiers consomment plus d'eau verte que les cultures maraichères, où la part de l'eau virtuelle bleue représente environ 70%. Par conséquent, l'amélioration de la valorisation de l'eau au niveau agroéconomique repose essentiellement sur une meilleure planification de l'utilisation des sols, pour une bonne gestion des ressources en eau limitées.

La Tunisie exporte environ 70% d'eau virtuelle verte via l'exportation de l'huile d'olive. L'oléiculture restera une culture stratégique par excellence pour la Tunisie surtout qu'elle est à l'origine des exportations d'eau verte. Ainsi, encourager les cultures de l'olivier pluvial permettrait de sauvegarder des quantités importantes d'eau bleue et de mieux valoriser l'eau verte exportée. D'autre part, les principaux produits stratégiques importés sont le blé dur, le blé tendre, l'orge, le maïs et la pomme de terre. En effet, suite à l'importation de 3230 mille tonnes de céréales et de 15,7 mille tonnes de pomme de terre, la Tunisie a épargné 6,14 milliards de m<sup>3</sup> d'eau environ.

En général et vue la rareté de ses ressources en eau, la Tunisie a intérêt à exporter les produits agricoles à faible consommation d'eau et d'importer les produits agricoles fortement consommateurs afin d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et par conséquent de mieux préserver les ressources en eau. Les résultats montrent que la Tunisie préserve ses ressources en eau par l'importation des céréales. En Tunisie, la balance de l'eau virtuelle est déficitaire, où on note que les exportations ne couvrent pas les importations ce qui rend la

Tunisie, un pays importateur net d'eau virtuelle (Benalaya et al, 2015)<sup>11</sup>. Cette situation d'importateur permet à la Tunisie d'atténuer les pressions sur ses propres ressources en eau et, par conséquent, les risques d'insécurité alimentaire. Une optimisation des échanges de produits agricoles à l'exportation ne demandant pas trop d'eau et ayant une bonne valeur ajoutée, contre l'importation de produits nécessitant beaucoup d'eau à la production peut tout aussi bien assurer un niveau raisonnable de sécurité alimentaire.

Il est important de noter à la fin que toutes les données présentées concernant l'eau virtuelle sont pour le contexte de toute la Tunisie car il n'existe pas un rapport régional qui traite le sujet. Par conséquent, on recommande de mener une étude régionale spécifique pour le Gouvernorat de Bizerte qui montre l'intérêt de considérer l'eau virtuelle dans la gestion intégrée des ressources en eau du gouvernorat. Cette étude peut être initiée et supportée par le Ministère de l'Agriculture, des ressources en eau et de la pêche.

#### **d. Ouvrages de stockage et de gestion de l'eau**

Les aménagements de bassins versants (travaux CES), et les ouvrages de stockage des eaux superficielles que sont les grands barrages, les barrages collinaires et les lacs collinaires contribuent à l'économie de l'eau. Les lacs collinaires sont essentiellement destinés à la couverture locale des besoins en eau, bien qu'ils puissent priver les nappes à leur aval d'un certain potentiel de recharge. Dès lors, l'efficacité de l'utilisation des eaux mobilisées par ces ouvrages doit être suivie, contrôlée et assurée.

Les aménagements hydrauliques réalisés dans le bassin versant du lac Ichkeul sont ;

- Barrage de Joumine avec une superficie de 428 Km<sup>2</sup> et une capacité de 130 Mm<sup>3</sup> : Le barrage de Joumine a été construit en 1983. Il est destiné pour l'irrigation de la plaine de Mateur (1500 ha) et l'alimentation en eau potable de la région de Bizerte (9 Mm<sup>3</sup>) (DGRE). Il permet également le transfert de 19,2 Mm<sup>3</sup> d'eau pour diluer les eaux du barrage de Sidi Salem et ce, pour alimenter en eau potable et de qualité constante, la région de Tunis et en eau agricole le Cap-Bon.
- Barrage de Sejnane : Le barrage de Sejanane a été construit dans la partie aval de son bassin versant, mise en eau en novembre 1994. Il contrôle un bassin couvrant une superficie de 460 Km<sup>2</sup> et reçoit un volume de 80 Mm<sup>3</sup> d'eau/an ((Ben M'barek et al., 2002). Le barrage de Sejanane a été construit pour la satisfaction des besoins en eau potable des régions du grand Tunis, du Cap Bon, du sahel côtier et de Sfax, que pour l'irrigation de 680 ha dans la région de Teskraya (Région de Sejnane). Il contrôle actuellement 46% bassin versant d'Ichkeul (DGRE).
- Barrage Ghezala : Le barrage de Ghezala a été construit en aval de son bassin versant et mise en eau en janvier 1985. Il est destiné à l'irrigation de 1031 ha de plus il participe au maintien de la salubrité du lac Ichkeul (DGRE).
- Barrages Tine et Douimiss : L'objectif principal de la construction des barrages de Tine, et Douimiss est l'irrigation de périmètres à créer dans la région du Nord. Le barrage de Tine à été construit à 12 Km de la ville de Mateur. Ce barrage est destiné pour l'irrigation d'un périmètre de 30Km<sup>2</sup> (Tableau suivant). Le barrage de Melah est destiné aussi à irriguer une superficie de 24.2Km<sup>2</sup>, avec un volume d'irrigation annuel estimé

---

<sup>11</sup> BENALAYA Abdallah, SOUISSI Asma, STAMBOULI Talel, ALBOUCHI Lassaad, CHEBIL Ali & FRIJA Aymen. 2015. Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire en Tunisie : du Constat à l'Appui au Développement (EVSAT-CAD). Projet de recherche développement, financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et mené par l'École Supérieure d'Agriculture de Mograne (Subvention n° : 106545 – 001).

à 9.6 Mm3 d'eau. Les eaux du barrage Doumiss seront à irriguer une surface relativement réduite de 3,7 Km2 de terre agricole (DGRE). Quand ces trois barrages seront réalisés 70% de la superficie totale du bassin versant de l'Ichkeul sera contrôlée.

**Tableau 6** : Récapitulatif des caractéristiques des barrages

Barrage	Année	Superficie du bassin versant (Km <sup>2</sup> )	Niveau Normale (m)	Apport moyen annuel (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Salinité de l'eau (g/l)	Capacité	Destination
Joumine	1983	418	90	132,96	0,5	124	-Irrigation ; Alimentation en eau potable
Sejnane	1994	366	85	98,9	0,6	10.7	- Alimentation en eau potable -irrigation
Ghezala	1984	48	82,5	9.7	1,3	113.6	- Irrigation , -Besoin de l'Ichkeul
El Harka		47	38.4	25	0.7	13.9	Transfert d'eau vers Sejnane
Ziatine		91			0.7	32.1	Transfert d'eau vers Sejnane
Guemgoum		36	48	9	0.7	11.8	Transfert d'eau vers Sejnane
Douimis		56	50	8.8	1.8	10.8	Alimentation en eau potable -Besoin de l'Ichkeul
Melah	2015	90	136	26	3.4	24.9	-Besoin de l'Ichkeul -Transfert d'eau
Tine	2017	91	136	17.5	2.5	34.8	Alimentation en eau potable - Besoin de l'Ichkeul

Une caractéristique importante de ces lacs collinaires situés en amont de point de vue de la gestion des eaux, est la soustraction de la charge solide transportée par les cours d'eau, de

sorte à réduire l'envasement des grandes retenues situées en aval. Ces aménagements en amont peuvent ainsi contribuer à la sécurité de l'approvisionnement en eau et à la durée de vie des grands barrages. A un stade avancé de l'envasement de ces derniers, une rehausse de la digue pour améliorer les capacités de stockage peut être envisagée (ex., barrages Sidi Saâd et Bouherma), ou un remplacement (ex. barrage Mellegue 2) devront être envisagés.

La justification d'une proposition ou autre dépend des spécificités du site d'étude et se base généralement sur une optimisation technico-économique.

#### ***e. Préservation de la qualité de l'eau***

L'écosystème du Lac Ichkeul souffre d'un déséquilibre et d'une salinité trop élevée (ANPE, 2004) à cause de la sécheresse et du manque des apports en eau douce. Ainsi, durant l'année hydrologique (2001/ 2002), la salinité de l'eau du lac a atteint une valeur record de 80 g/l en septembre (ANPE, 2002). D'autre part, le périmètre de l'Ichkeul est situé dans la plaine de Mateur, région connue pour être une zone urbaine, une zone industrielle et une zone agricole utilisant toutes sortes de fertilisants, d'insecticides et d'herbicides. C'est donc une région où des rejets potentiels peuvent parvenir directement au lac Ichkeul, ou indirectement par l'intermédiaire des oueds qui l'alimentent (Ben M'barek, 2001). Dans ce cadre, on note la présence d'un programme de suivi environnemental du Lac Ichkeul, engagé dans le cadre d'Ecopact.2001).

La gestion de la qualité des eaux signifie la prévention sinon la réduction autant que possible de la pollution d'origine urbaine, industrielle ou agricole. Pour ce faire, le contrôle de la pollution devrait se faire par l'application du principe « pollueur – payeur » dont les buts majeurs sont :

- L'obligation d'effectuer une étude d'impact sur l'eau pour les nouveaux projets ;
- Le prétraitement des rejets industriels ;
- La rationalisation de l'utilisation des engrais chimiques et l'encouragement à la substitution progressive des pesticides chimiques par les biopesticides.

#### ***f. Gestion des pénuries d'eau notamment en période de sécheresse***

La sécheresse est un événement naturel commun à tous les bioclimats. C'est aussi un phénomène catastrophique et dévastateur, à impacts non structurels. La vulnérabilité du pays est grande et ses impacts négatifs sont inscrits dans la mémoire collective. La sécheresse commence par une pénurie d'eau suite à un manque de pluviosité, pour se transformer ensuite en une sécheresse agricole (pertes de récoltes), puis socio-économique (inflation sur les prix des denrées), pour en finir dans une sécheresse politique sans pareil.

La sécheresse la plus élevée a touché l'Est du bassin. Une sécheresse forte a été distinguée en 1981 au centre du bassin entre le Lac Ichkeul et la Lagune de Bizerte. La sécheresse la plus importante a touché l'ouest du bassin en 1988 alors qu'elle était plus élevée au centre du bassin en 1994. Finalement, la sécheresse la plus élevée était à l'Est du bassin en 2001 et 2008 respectivement. La sécheresse est généralement faible à modérée, à l'exception de l'année 1981, où elle était forte sur 27% de la surface du bassin versant. Toutes les zones du bassin sont susceptibles à la sécheresse, avec un risque croissant de l'Ouest à l'Est.

En vue de gérer les conséquences de la sécheresse, il est préconisé, outre la constitution de la réserve sécheresse de 0,6 milliards de m<sup>3</sup> dans les barrages, de renforcer cette réserve par la lutte contre les pertes, l'économie sur l'usage de l'eau en en faisant une priorité nationale. Il est de même préconisé de favoriser le stockage de l'eau dans le sol par un labour profond

et par l'aménagement de retenues d'eau pluviale, et de favoriser le transfert rapide de l'eau d'une région à l'autre par l'interconnexion des barrages.

Les risques d'abondance ou d'insuffisance d'eau, qui sont deux phénomènes courants du climat du pays, nécessitent pour les eaux de surface et les eaux souterraines une gestion intra et inter annuelle permettant le stockage du surplus hydrique pendant les années excédentaires et son utilisation pendant les années sèches. Le stockage peut se faire soit par barrage, soit par la recharge des nappes souterraines. Des modes de gestion spécifiques à l'abondance, à la sécheresse et aux risques sont à développer en prenant en considération les expériences acquises dans ce domaine.

#### ***g. Lutte contre l'érosion et l'envasement des retenues d'eau***

L'érosion, particulièrement dans l'emprise des voies d'eau, constitue une menace permanente des terres agricoles situées sur les rives des cours d'eau, des terres ravinées, des agglomérations, des retenues des barrages et de l'infrastructure de base. Une grande partie des sédiments provient des cours d'eau (sapement des berges, recul des têtes de ravin), ce qui engendre l'envasement prématuré des retenues d'eau en aval.

Le risque d'érosion à travers le Bassin Versant Bizerte – Ichkeul est généralement faible à modéré. Toutefois, il est très fort au niveau de Djebel Ichkeul et au Sud du bassin en amont du lac. Le risque est également assez fort à l'Est du bassin dans le sous bassin versant drainé par la lagune de Bizerte. Comme le risque d'inondation, le risque d'érosion est prévu d'augmenter avec la récurrence et la sévérité des événements hydrologiques extrêmes, associées aux changements climatiques.

Pour remédier à cette situation, il est indispensable d'entreprendre un programme d'aménagement des voies d'eau, qui consiste à réaliser le long des cours d'eau des ouvrages capables de stabiliser les berges et les têtes de ravin, corriger les méandres et retenir les sédiments.

#### ***h. Réduction de l'évaporation des plans d'eau***

L'évaporation est conditionnée par les températures de l'eau et de l'air, par le degré d'humidité de l'air en contact avec la surface de l'eau, et par la turbulence de l'air, donc par le vent. Le plan d'eau du lac est soumis à une forte évaporation, en particulier durant les mois d'été. Le maximum est enregistré en juillet (201 mm) et le minimum en hiver (63,3 mm en janvier). L'évaporation entraîne une hausse considérable de la salinité durant la saison estivale (Daly-Hassen, 2017).

Les pertes par évaporation peuvent être réduites en exposant à l'air libre une surface d'eau aussi faible que possible, ce qui implique la construction de réservoirs profonds. Une autre méthode consiste à employer des films de protection de la surface de l'eau. Le produit employé doit créer une couche opposant une grande résistance au passage de la vapeur d'eau, mais ne doit pas restreindre sensiblement le libre passage de l'oxygène, du gaz carbonique et autres gaz. Ce film doit être capable de résister à l'action du vent et des poussières et doit pouvoir se reconstituer après une coupure faite par le vent. Il doit, enfin, être non toxique pour les êtres humains, les animaux et la vie aquatique. Les expériences et essais indiquent que les composés les plus efficaces, répondant à ces exigences, sont les alcools à longue chaîne moléculaire, l'hexadécanol (ou alcool cétylique) et l'octodécanol.

Les premières expériences de cette méthode ont été menées en Australie dans les années 1950 (Gugliottietal. 2005). Les taux de réduction de l'évaporation étaient de l'ordre de 10 à 40% et même 50% (Barnes 2008, McJannet et al. 2008). Les valeurs des taux de réduction enregistrées dépendent de plusieurs facteurs relatifs à la substance chimique, aux dimensions du plan d'eau et des conditions météorologiques. D'autres résultats obtenus dans la région aride de Ouargla en Algérie ont montré l'efficacité de ces films dont le taux de réduction est supérieur à 10%. Toutefois, ces résultats devraient être confirmés par d'autres expériences sur des plans d'eau relativement grands et des périodes d'observations assez longues (3 à 4 années).

Finalement, il est important de noter que dans le contexte régional de la zone Bizerte – Ichkeul, on peut envisager l'installation de centrales photovoltaïques flottantes, dont l'objet principal est la production d'énergie verte, et qui pourraient également limiter l'évaporation de l'eau.

### 3.4.3 Objectif 2.2 : Promouvoir de nouvelles technologies de mobilisation des eaux

#### *a. Assurer le transfert des eaux à partir d'autres BV et les lâchers à partir des barrages*

Les gestionnaires du Lac Ichkeul (ANPE) soulignent que l'implantation de barrages (Sejnane, Joumine et Ghezala, Maleh) a provoqué la réduction d'eau douce, d'où l'augmentation de la salinité et la baisse du niveau d'eau. Comparant aux apports moyens avant barrage, les apports moyens totaux du bassin versant vers le lac Ichkeul après barrages ont enregistré des déficits liés à l'effet de la rétention d'eau au niveau des barrages. Néanmoins, il a été démontré qu'une bonne gestion des lâchers des barrages et de l'écluse est capable de minimiser un tel impact. En effet, durant les années 1990/1991, 2002/2003 et 2004/2005 et notamment en 2003/2004, malgré l'aspect déficitaire des apports (aussi bien à l'Ichkeul que dans l'ensemble du bassin versant), les bonnes conditions du milieu ont pu être maintenues.

Malgré les importantes pluies enregistrées sur le bassin versant de l'Ichkeul en 1996, 1997, 1998, 2003, 2004, 2005, et 2009 (voir figure ci-dessous) les barrages Joumine, Sejnane et Ghezala n'ont déversé que 3 Mm<sup>3</sup>, 29 Mm<sup>3</sup>, 159 Mm<sup>3</sup>, 250 Mm<sup>3</sup>, 121 Mm<sup>3</sup>, 297 Mm<sup>3</sup>, 61 Mm<sup>3</sup> d'eau respectivement pour alimenter le Lac Ichkeul. À partir de l'année 2003, l'apport total des barrages à Ichkeul devient important par rapport aux apports de la période comprise entre (1999-2002). Il atteint même le 297 Mm<sup>3</sup> en 2005. Cependant, les années 2007, 2008 et 2010 sont caractérisées par des lâchers et des déversements des apports très faibles au lac Ichkeul, avec un total qui ne dépasse pas les 38 Mm<sup>3</sup>. En effet, pendant une année sèche, la priorité est toujours octroyée au secteur d'alimentation en eau potable alors que les apports au lac sont les plus faibles, voir même absents.

La Direction des Grands Travaux Hydrauliques du Ministère de l'Agriculture a classé le Lac Ichkeul parmi les consommateurs d'eau dans le cadre de la planification des ressources en eau pour lui allouer un apport d'eau annuel. Dans ce cadre, des lâchers d'eau des barrages sont programmés pour diminuer les teneurs en sel et augmenter la tranche d'eau du lac Ichkeul. En général, un volume d'eau est transféré vers le lac Ichkeul soit par dévasement, par déversement, par lâchers, ou par évacuation. Toutefois, au cours des années 1990, les lâchers des trois barrages du bassin de l'Ichkeul ont été minimes. C'est certainement la raison pour laquelle le lac a vraiment souffert et a été inscrit en 1996 sur la liste de patrimoine en péril.

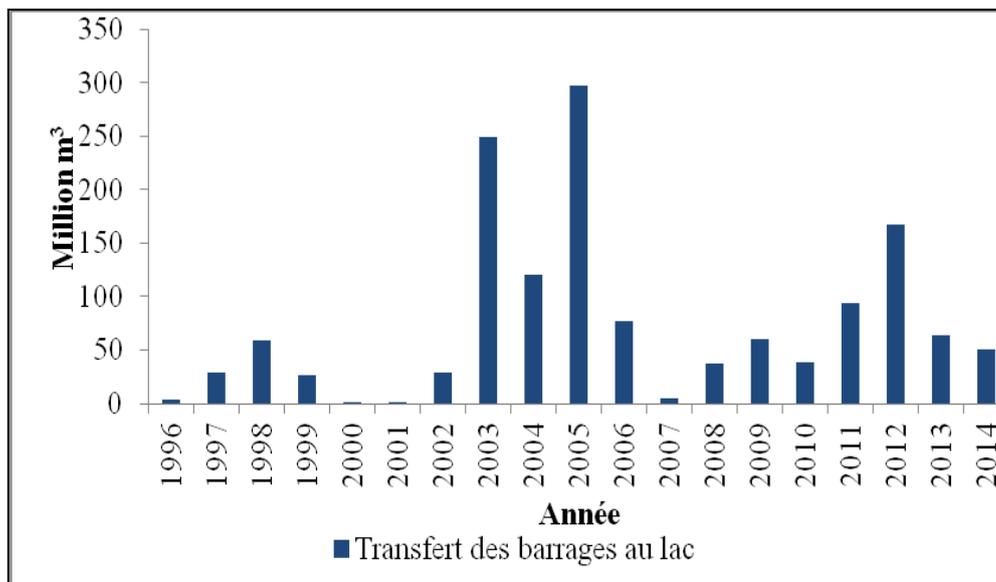
Le barrage Sejnane a transféré au Lac Ichkeul pendant l'année (2002) un volume d'eau important de l'ordre de 122 Mm<sup>3</sup>. Ce dernier est expliqué par la quantité d'eau reçue du

Barrage de Sidi El Barrak durant la période hivernale de l'année hydrologique 2001/2002 (ANPE, 2002). Cependant, depuis l'année 2006, la quantité transférée par le barrage Sejnane au Lac Ichkeul est toujours faible. Quant aux volumes transférés du barrage Ghezala au lac, ils sont généralement très faibles et varient entre 1 Mm<sup>3</sup> et 20 Mm<sup>3</sup>. Finalement, les plus importants volumes transférés par le barrage Joumine pendant la période allant de 1996 à 2014 ont été enregistrés durant les années 2003, et 2005. Ils sont de l'ordre de 114 Mm<sup>3</sup> et 108 Mm<sup>3</sup> respectivement. Durant la période allant de 2006 à 2014, le volume le plus important transféré du barrage Joumine au lac Ichkeul est de l'ordre de 84 Mm<sup>3</sup> pendant l'année 2011.

Le barrage de Sidi El Barrak permet, quand cela est nécessaire, l'amenée d'une partie des eaux mobilisées dans l'extrême Nord (Bassin de Zouara) vers le barrage de Sejnane. En effet, ce barrage est construit à l'image de Sidi Salem, pour assurer une double fonction : celle de la collecte des eaux du bassin versant de l'oued Sejnane, et celle, à terme de drainage et de transit de ressources régularisées par les barrages de l'extrême Nord avec lesquels il est interconnecté (Sidi El Barrak, Zerga, Moula...). Ce dispositif d'interconnexion permet de suppléer aux transferts d'eau en dehors du bassin versant de l'Ichkeul vers Tunis et d'autres régions, en allégeant la demande en eau pesant directement sur les barrages de Joumine et de Sejnane et indirectement sur le bassin de l'Ichkeul.

Il n'en demeure cependant pas moins que l'écosystème Lac Ichkeul – Lagune de Bizerte a été définitivement privé de sa ressource vitale en eau douce, partant de la conception même de la batterie de barrage qui l'a déjà complètement étranglé depuis les années 1990s.

L'engagement pris par la DG/BGTH de réserver des lâchers annuels de cette batterie de barrage pour alimenter le lac Ichkeul n'a pratiquement pas d'utilité, en ce sens que le besoin en eau pour l'équilibre de l'écosystème s'étend sur toutes les saisons de l'année, et qu'en période de sécheresse prolongée, le lac s'est vu privé d'eau douce sur de très longues périodes. Ceci avait déjà provoqué la dégradation hydrologique et environnementale de l'écosystème comme décrit précédemment.



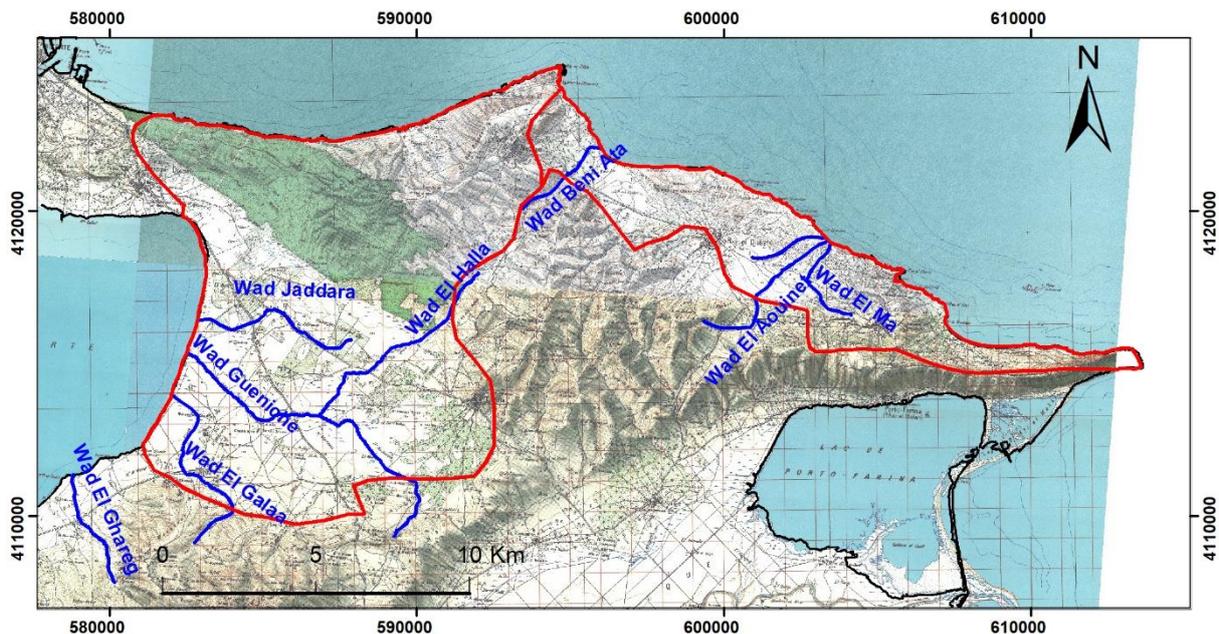
**Figure 16.** Transferts totaux des barrages au lac (D'après la DG/BGTH)

Il en résulte que dans la situation actuelle l'équilibre de l'écosystème étudié basé essentiellement sur son alimentation en eau douce continentale, n'a pratiquement plus de solution. Cette situation perdurera à l'avenir et ira en accentuation accélérée parallèlement

aux effets pervers liés aux changements du climat. L'idéal serait de d'allouer les réserves en eau douce à cet écosystème, et d'approvisionner les régions alimentées actuellement par transfert de la denrée, par de nouvelles stations bien dimensionnées de dessalement de l'eau de mer.

### **b. Stocker l'eau dans des barrages souterrains pour le stockage souterrain des excédents exceptionnels**

Le principe de cet aménagement est le même qu'un barrage « classique », la différence réside dans le fait que l'eau est stockée directement dans le sol, et non pas à l'air libre, un des principaux avantages étant la réduction considérable de l'évaporation de l'eau au contact de l'air pour un barrage « classique ». L'objectif essentiel d'un barrage souterrain est l'accroissement des ressources en eaux souterraines, la régularisation inter-saisonnière et interannuelle de ces ressources, le relèvement et la stabilisation du niveau de la nappe, ainsi que le stockage d'eau à l'abri de l'évaporation et des sources polluantes diverses. L'innovation consiste à utiliser le sol comme réservoir souterrain pour stocker de l'eau. Cette technique relativement coûteuse s'applique pour l'alimentation en eau des populations et du bétail en réalisant ensuite un forage en amont du barrage. Les nappes de Ras Jebel et Guenniche qui sont surexploités sont les nappes cibles pour l'implantation de barrage souterrain. Les barrages souterrains peuvent être implantés sur oued Beni Atta et oued El Aouinett dans le sous bassin de Ras Jebel et oued Guenniche pour le sous bassin de Guenniche.<sup>12</sup>



**Figure 17** : Délimitation des nappes de Guenniche et de Ras Jebel sur le fond topographique

### **c. Récupération d'eau de pluie et la gestion des eaux pluviales**

Les nouvelles approches en architecture et en urbanisme intègrent de plus en plus les préoccupations environnementales, notamment en matière de gestion de l'eau. La récupération des eaux de pluie consiste à collecter et stocker les eaux de pluie dans le but de les utiliser ultérieurement. La collecte a pour objet la récupération de l'eau de pluie et son

<sup>12</sup> Source : Les études d'évaluation des expériences de la recharge artificielle de la Tunisie (DGRE, 2018) et d'identification de nouveaux sites de recharge (DGRE, 2020)

acheminement vers un stockage en garantissant un maximum de qualité. Cette fonction regroupe, d'une part, le captage de l'eau sur une surface appropriée et, d'autre part, l'acheminement de l'eau récupérée vers le stockage. Le stockage vise, d'une part, à conserver en quantité suffisante l'eau de pluie collectée au regard des besoins pour les usages visés et des possibilités de collecte du site, et, d'autre part, à préserver la qualité de l'eau stockée.

Récupérer l'eau de pluie est une bonne action pour préserver la ressource et anticiper le changement climatique. Cette technique a plusieurs avantages :

Des avantages écologiques

- Préservation des ressources en eau conventionnelles ;
- Économies d'énergies nécessaires au captage, au traitement et au transport de l'eau ;
- Ressource locale directement disponible sur place ;
- Diminution du ruissellement et des inondations ;
- Permettre aux villes d'être plus résilientes et de mieux s'adapter ;
- Favoriser la préservation et la restauration de la qualité des eaux.

Des avantages économiques et pratiques

- Limitation de la consommation d'eau potable ;
- Économies sur la facture d'eau ;
- Disponible même en cas de restriction liée à la sécheresse ;
- Limiter au maximum le ruissellement ;

La récupération d'eau de pluie consiste à : 1) Limiter l'imperméabilisation des sols en délimitant les zones concernées, 2) Assurer la maîtrise du débit et l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement et 3) Mettre en place des dispositifs pour gérer l'infiltration, la collecte, le transport, le stockage et son traitement éventuel.

La gestion des eaux pluviales suppose la mise en place de dispositifs dédiés. Ces dispositifs permettent leur infiltration, transport, stockage et traitement éventuel, ils ne doivent pas être confondus :

**Stockage – Réutilisation** : L'eau de pluie est collectée afin d'être réutilisée pour l'arrosage ou des usages domestiques autorisés. Elle doit avoir uniquement ruisselé sur une toiture qui n'est pas accessible. Les cuves hors-sol ou enterrées sont les ouvrages qui permettent de stocker l'eau.

**Stockage – Infiltration** : Les ouvrages de stockage-infiltration servent à recueillir et stocker les eaux pluviales collectées et à les restituer en totalité ou en partie dans le sol. Ils favorisent les recharges de nappes souterraines et permettent de limiter le volume d'eau dans les collecteurs.

**Stockage – Régulation** : Cet ouvrage hydraulique permet un écoulement maîtrisé afin de réguler les débits d'eau pluviales restituées aux fossés. Cet ouvrage de régulation peut concerner tous types d'eaux pluviales. Il ne doit donc pas être confondu avec l'ouvrage pour la réutilisation. Attention : pour les eaux pluviales polluées, un traitement doit être mis en place.

#### 3.4.4 Objectif 2.3 : Développer le potentiel en eau non conventionnelle

##### **a. Créer les conditions propices pour favoriser une meilleure réutilisation des eaux usées traitées**

En 2017, le volume d'eau usée traitée (EUT) en Tunisie s'élève à 282 Mm<sup>3</sup>, ce qui représente 10% du potentiel mobilisable pendant une année sèche (2800 Mm<sup>3</sup>) et 6% de celui d'une année moyenne (4700 Mm<sup>3</sup>). Quant au volume de réutilisation, il s'élève à 22 Mm<sup>3</sup>, ce qui

reflète un taux de réutilisation directe à l'échelle nationale de 8 %. L'amélioration du taux de réutilisations nécessite plusieurs actions, y inclus (i) la réhabilitation des stations d'épuration, (ii) la réduction de la consommation d'énergie en adoptant des technologies de traitement moins énergivores, (iii) le développement des usages potentiels avec la qualité de l'eau existante et (iv) la mise en place d'une approche participative des usagers pour l'émergence de la demande locale et le portage des projets.

En plus de l'intensification des périmètres irrigués existants avec des eaux usées traitées (EUT) et la création de nouveaux périmètres irrigués (avec ou sans transfert vers les zones intérieures), l'EUT peut-être valorisée par sa substitution des eaux conventionnelles dans les périmètres irrigués existants. Les périmètres existants avec les eaux de barrages doivent désormais être au maximum alimenté par des EUT afin de réduire le déficit hydrique et conserver les eaux conventionnelles pour l'alimentation en eau potable. Les périmètres existants périurbains doivent être conservés pour préserver de l'extension urbaine ces terres agricoles qui peuvent être valorisées avec des EUT. Le développement de nouveaux périmètres irrigués avec stockage et transfert vers les terres intérieures, quant à lui, ne doit être envisagé qu'après une étude fine de l'impact de tels projets sur le bilan hydrique de la région et l'épuisement des possibilités d'utilisation plus locale des EUT.

Les eaux usées traitées peuvent être aussi utilisées pour la recharge artificielle des nappes phréatiques, ce qui peut améliorer les caractéristiques hydrodynamiques des eaux souterraines. Les eaux usées traitées constituent des ressources disponibles de façon régulière et dont le volume mobilisable est appelé à suivre le développement urbain, touristique et industriel. Leur utilisation pour la recharge artificielle vise à la fois un accroissement des ressources en eaux souterraines et une étape supplémentaire d'épuration des eaux usées, permettant ainsi une protection des zones littorales, des ressources hydriques et des milieux récepteurs sensibles.

Les eaux usées peuvent subir une épuration supplémentaire grâce à des traitements plus spécifiques, appelés traitement tertiaire. Une réutilisation directe est alors possible après la mise en place de ce type traitement, où les eaux peuvent être réutilisées pour différents usages comme pour l'irrigation en agriculture. La réutilisation directe des eaux usées permet d'une part de mobiliser une ressource en eau supplémentaire et d'autre part de protéger les milieux récepteurs.

Parmi les méthodes de traitement tertiaires, on distingue des procédés de filtration mais surtout des procédés de désinfection éliminant la plupart des germes pathogènes. Les procédés de filtration les plus courants sont la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nanofiltration (NF), l'osmose inverse (OI) et la filtration sur milieu granulaire (sable, anthracite, etc.). L'infiltration-percolation peut également être utilisée comme traitement de finition, tout en profitant du pouvoir épurateur des sols. Le lagunage tertiaire consiste aussi à utiliser plusieurs lagunes, appelées lagunes de maturation. Elles sont de faibles profondeurs (entre 0,8 et 1,2m) et permettent une désinfection des eaux. En effet, grâce à une faible profondeur, le rayonnement UV réalise la désinfection. La désinfection peut être également réalisée par chloration ou par l'ozone.

#### ***b. Potentiel en Eaux Usées Traitées dans le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul***

La région d'étude produit un volume très important des EUT estimé à 14.1 millions de m<sup>3</sup> par an. En effet, le bassin contient quatre stations de traitements des eaux. Ces stations sont STEP Bizerte, STEP Menzel Bourguiba, STEP Mateur et STEP Aousja. 12 communes sont

prises en charge par le réseau d'assainissement lié à ces stations. Les communes liées à ces stations sont : 12 : Bizerte, Menzel Jemil, Menzel Abderrahmane, El Alia, Ras jebel, Raf-Raf, Metline, Menzel-Bourguiba, Tinja, Mateur, Ghar El Melh, Ousja. Une population de 401000 habitants (parmi une population totale de 486000 habitants) est branchée au réseau d'assainissement, avec un taux de branchement de 82.5%.



**Figure 18.** Emplacement des stations de traitements des eaux usées dans le bassin

La STEP de Menzel Bourguiba est située au Sud Est de la ville de Menzel Bourguiba, entourée de champs et à proximité de la grande usine de sidérurgie (El Fouledh). Cette STEP rejette ses eaux usées traitées dans le Lac de Bizerte.



**Figure 19.** Situation de la STEP de Menzel Bourguiba

**Tableau 7.** Généralité sur le réseau d'assainissement dans le bassin du projet (ONAS, 2020)

<b>Les communes prises en charge :</b>	<b>12 : Bizerte, Menzel Jemil, Menzel Abderrahmane, El Alia, Ras jebel, Raf-Raf, Metline, Menzel-Bourguiba, Tinja, Mateur, Ghar El Melh, Ousja</b>
<b>Population dans les villes prises en charge :</b>	486 000
<b>Population branchée :</b>	401 000
<b>Taux de branchement :</b>	82.5 %
<b>Linéaire du réseau :</b>	837.2 km
<b>Nombre d'ouvrages :</b>	4 stations d'épuration, 61 stations de pompage
<b>Volume d'eau collectée par an :</b>	14.1 millions de m <sup>3</sup>
<b>Volume d'eau traitée par an :</b>	14.1 millions de m <sup>3</sup>
<b>Réseau exploité (km) :</b>	192.7
<b>Taux de participation :</b>	23 %

**Tableau 8.** Caractéristiques des stations de traitements des eaux usées (ONAS, 2020)

<b>Station d'épuration</b>	<b>Site</b>	<b>Entrée exploitation</b>	<b>en</b>	<b>Capacité traitement (m<sup>3</sup>/jour)</b>	<b>de</b>	<b>Capacité Biologique Kg/DBO5/jour</b>
<b>Bizerte</b>	Bizerte	1997		26600		10740
<b>Menzel Bourguiba</b>	Menzel Bourguiba	1997		11065		4700
<b>Mateur</b>	Mateur	2005		4100		2300
<b>Aousja</b>	Aousja	2010		9100		4550

Le volume des EUT estimé à 14.1 millions de m<sup>3</sup> par an présente de ressources très importantes qui peuvent être utilisées pour l'irrigation, mais aussi pour recharger les aquifères surexploités de la région. La qualité des EUT produite par les STEP de la région peut être améliorée par le traitement tertiaire. Le programme de réhabilitation de STEP de la région initié par l'ONAS, apportera sûrement cette amélioration.

Les projections de la capacité de traitement et de volume des eaux usées traitées par les stations du Gouvernorat de Bizerte montrent une augmentation de ces volumes, d'une année à l'autre, avec une capacité de 24,6 Mm<sup>3</sup>/an et un volume produit de 19,7Mm<sup>3</sup>/an en 2040 (ces projections sont produites par ONAS et publiés dans Eau 2050, (BPEH, 2022)).

**Tableau 9 :** Projection de la capacité de traitement et des volumes des eaux traitées (Mm<sup>3</sup>/an) de Gouvernorat de Bizerte

<b>Année</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
<b>Projection de la capacité de traitement (Mm<sup>3</sup>/an)</b>	21,4	22,7	24,6	26,2
<b>Projection des volumes des eaux traitées (Mm<sup>3</sup>/an)</b>	17,1	18,2	19,7	21,0

### **Création des Groupements de Développement Agricole (GDA) dédiés à la gestion et l'entretien des périmètres d'irrigation et des sites de recharges par les eaux usées traités :**

Actuellement les institutions concernées par les projets d'utilisation des eaux usées traitées (irrigation et recharge artificielle des aquifères) sont : la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), les Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA) et l'Office National de l'Assainissement (ONAS).

Le problème soulevé au niveau de l'évaluation de plusieurs expériences de recharge en Tunisie est le manque, voire l'absence, de suivi et d'entretien des sites de recharge (DGRE, 2018). En cas de manque de ressources en eau, l'ouvrage est tout simplement abandonné,

ce qui représente une dévalorisation de l'investissement effectué. Les mêmes problèmes sont rencontrés pour les périmètres d'irrigation par les eaux usées traitées. Par conséquent, il serait intéressant de créer un Groupement de Développement Agricole (GDA) au sein de chaque périmètre d'irrigation au site de recharge, responsable de la gestion et l'entretien de projet d'utilisation des eaux usées traitées et surtout du suivi des opérations d'irrigation et de recharge et de leurs critères de performance. Les GDA sont formés par les bénéficiaires et les usagers (agriculteurs...) des eaux usées traitées.

#### ***i. Lutte contre l'intrusion marine, réseau de suivi des nappes côtières et recharge artificielle des nappes***

##### **Objectifs de la recharge artificielle des aquifères**

Les objectifs attendus de la recharge des nappes (à court, moyen et long termes), peuvent être formulés comme suit :

- Objectifs globaux à long terme :
  - Amélioration des expériences nationales de recharge artificielle des nappes souterraines en tirant les leçons du passé ;
  - Mobilisation et bonne gestion des ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles.
- Objectifs spécifiques :
  - Obtenir des indicateurs de recharge intéressants (gain quantitatif, gain qualitatif, efficacité hydraulique globale, aire d'impact et coût de m<sup>3</sup> d'eau de recharge) ;
  - Lutter contre l'intrusion marine et la surexploitation des nappes ;
  - Stocker de l'eau dans les réservoirs souterrains afin de la rendre disponible pendant les périodes de fortes demandes.

##### **Expérience de la recharge artificielle des nappes de Ras Jebel et de Guenniche**

La recharge artificielle des aquifères côtiers, particulièrement surexploités, peut offrir un moyen efficace de lutter contre l'intrusion marine et donc empêcher la dégradation de la qualité de l'eau. A titre d'exemple, la nappe de Té Boulba a connu une forte exploitation provoquant la formation d'un cône de dépression piézométrique qui a pu atteindre une profondeur de 15 m par rapport au zéro de la mer et s'est étalée sur 12Km en 1940 (Bouri et Ben Dhia, 2010). La nappe a subi une intrusion d'eau salée ayant deux origines : intrusion marine du côté NNE et intrusion des eaux saumâtres de Sebkhâ Moknine du côté S-SO (Bouri et Ben Dhia, 2010).

Les études d'évaluation des expériences de la recharge artificielle de la Tunisie (DGRE, 2018) et d'identification de nouveaux sites de recharge (DGRE, 2020) ont considéré que le projet de recharge de la nappe phréatique du remplissage du Plio-Quaternaire de Ras Jebel est parmi les projets les plus efficaces qui s'opposent à l'intrusion marine. L'analyse des opérations de recharge de la nappe effectuées dans la région de Ras Jbel durant la période de 1992 jusqu'à nos jours a montré une remontée piézométrique et une amélioration de la qualité chimique des eaux au voisinage des sites de recharge. La salinité dans la zone côtière de Béni Ata a passé de 5,46g/L en 1992 à 3,22g/L en 2013 (Lachaal, 2018). La recharge de la nappe a formé une barrière hydraulique contre l'intrusion marine. Néanmoins, la quantité injectée est très faible par rapport au déficit hydrique global de la nappe.



**Figure 20.** Sites de RA de la nappe de Ras Jebel : a) et b) Site de Sidi Guabberi, c) Un puits de surface utilisé pour la RA et d) Vanne de distribution d'eaux d'irrigation utilisées pour alimenter un puits de surface destiné à la RA (Lachaal et al., 2022).

Les travaux de recharge la nappe phréatique du remplissage du Quaternaire d'oued Guenniche à partir des eaux du Nord ont commencé le 17 février 1999, à travers trois puits d'injection dans les zones d'El Bhira, Trik et Bgar, et Oued el Maleh. En 2000, les opérations de recharge ont été renforcés par la mise en service de deux nouveaux sites de recharge dans la région d'El Khareib (la carrière El Borj et le puits Essoud). Dans le secteur d'El Alia, six puits d'injection ont été utilisés pour la recharge de la nappe. Actuellement, la recharge artificielle de la nappe d'oued Guenniche est effectuée à partir des eaux du Nord (SECADENORD) en trois zones :

- ✓ Site El Khraieb : La recharge se fait dans des petites carrières aménagées et clôturées : deux petites carrières (El Borj et EL Bhayem) et une petite carrière sous forme d' un puits de surface (Puits El Hadaek);
- ✓ Site El Alia : La recharge de la nappe se fait par application des eaux du Nord dans un bassin d'infiltration et dans les puits d' infiltration ;
- ✓ Site Hriza (Floralia): Ce site est composé d'un bassin et de deux puits d'infiltration. Il se localise à 2 Km à l'Est de village de Hriza et à 0.6Km à l'Ouest du site El Alia.



**Figure 21.** Photos de sites de recharge de la nappe d' oued Guenniche : a) Bassin El Alia, Site El Alia (Lachaal, 2018) et b) Carrière El Kharayeb, Site El Khraieb (Lachaal, 2018)

Depuis 2012, la SECADENORD a arrêté l'alimentation en eau des périmètres irrigués, suite au non-paiement des frais de consommation d'eau par les agriculteurs, ce qui a aussi provoqué l'arrêt des opérations de recharge artificielle (DGRE, 2018 et 2020).

La recharge artificielle des nappes souterraines permet de mieux moduler la répartition dans le temps et dans l'espace des apports en eaux de surface et particulièrement celles des crues. Elle permet en même temps de remédier aux méfaits de la surexploitation. Cette opération menée selon les règles de l'art assurera une meilleure gestion des nappes aquifères du pays, tant pour la correction de la qualité de leurs eaux que pour la limitation des baisses du niveau piézométrique dans les ouvrages d'exploitation. Elle permet également une meilleure préservation des eaux contre l'évaporation ainsi que la constitution de réserves de sécurité plus sûres que les réserves de surface. Le stockage souterrain de l'excédent en eau des crues par la recharge artificielle constitue un des aspects les plus importants pour améliorer la maîtrise des eaux de surface. Commencée en 1992, dans les lits des oueds et pratiquée sur une échelle plutôt expérimentale depuis 30 ans, la recharge artificielle n'a pas connu l'expansion qu'elle mérite.

### **Proposition des nouveaux sites de recharge artificielle de nappes de Ras Jebel et de Guenniche**

Les nappes les plus exploitées sont les nappes de Guenniche avec 13 Mm<sup>3</sup>/an (soit un taux d'exploitation de 173%) et la nappe de Ras Jebel avec 11,2 Mm<sup>3</sup>/an (soit un taux d'exploitation de 133%) sont les deux nappes les plus surexploitées (voir rapport de la phase 1). Ces deux nappes sont actuellement surexploitées avec des volumes variables d'une année à l'autre. L'études d'évaluation des expériences de la recharge artificielle de la Tunisie (DGRE, 2018) a montré que la recharge de ces aquifères est insuffisant pour équilibrer le bilan de ces aquifères, d'où la nécessité de renforcer la recharge de ces nappes par d'autres sites.

Pour la nappe de Ras Jebel on propose d'ajouter de site de recharge dans les anciennes carrières de sable qui se localise entre la ville de Ras Jebel et la mer. La lithologie de la zone est identique à celle de Sidi Ghabbari qui a montré une bonne performance pour l'infiltration des eaux (DGRE, 2017).

Dans la même logique, la forêt de Jbel Rimel formée essentiellement par de sable, est une zone très favorable à implanter de nouveaux sites de recharge pour la nappe de Guenniche. Ces propositions seront détaillées dans la phase de plan d'action.

## **Actions et activités à entreprendre pour la recharge des aquifères**

La réalisation des objectifs susmentionnés, repose sur la mise en œuvre des mesures institutionnelles et des actions techniques et d'accompagnement suivantes.

- **Réseaux de suivi du niveau piézométrique**

La présence de deux réseaux de suivi du niveau piézométrique de la nappe, est nécessaire :

- ✓ Un réseau local au niveau du site de recharge : deux piézomètres au moins dont un à l'amont et l'autre à l'aval par rapport au site de recharge, sont nécessaires. Ces piézomètres de contrôle serviront à contrôler l'effet direct de la recharge sur la nappe.
- ✓ Un réseau général de la nappe : Ce réseau permettra de déterminer le rayon d'action de la recharge sur site par rapport à l'étendue de la nappe. Il permettra aussi de contrôler la variation piézométrique de la nappe.

- **Contrôle de la qualité des eaux de recharge et des eaux souterraines**

Pour évaluer le gain qualitatif des eaux de recharge d'un site donné sur les eaux souterraines d'une nappe, il faut effectuer des analyses périodiques, physicochimiques et bactériologiques.

- ✓ Pour la recharge artificielle des nappes par les eaux usées traitées, on recommande d'effectuer des campagnes d'échantillonnage et d'analyse mensuelles pour les paramètres indiqués dans l'arrêté du 26 mars 2018 relatif aux valeurs limites de rejets des effluents liquides dans le domaine public hydraulique, et la norme et NT 106-003, dédiée à l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles. Cette norme fait aussi référence aux valeurs limites et spécifications physicochimiques et biologiques : Température, pH, Conductivité électrique, Couleur, Chlorure, Salinité,  $\text{KMnO}_4$ , DCO,  $\text{DBO}_5$ , MES, N-org, N- $\text{NH}_4$ , P- $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{O}_2$  dissous, Huiles et graisses, Métaux lourds, Coliformes fécaux, Streptocoques totaux et Parasitologie.
- ✓ Pour la recharge artificielle des nappes par les eaux de surface (eaux du Nord et eaux des lâchers des barrages, barrages collinaires et lacs collinaires), des campagnes d'échantillonnage et d'analyses sont nécessaires lors de crues et en période d'étiage pour les mêmes paramètres indiqués précédemment.

- **Contrôle de la qualité des eaux usées traitées issues des stations d'épuration**

Les actions suivantes sont recommandées pour s'assurer d'une qualité satisfaisante des eaux usées traitées afin d'atténuer leurs impacts sur la qualité des eaux souterraines suite à une opération de recharge :

- ✓ Le suivi périodique de la qualité des effluents pour s'assurer de la régularité et du bon fonctionnement des opérations de traitement dans la STEP ;
- ✓ L'entretien régulier des différentes composantes et modules de traitement de la STEP ;
- ✓ Le prétraitement des rejets spécifiques et des eaux usées industrielles ou l'interdiction de leur branchement au réseau d'égout ;
- ✓ Le non-recours au by-pass ;
- ✓ L'introduction du traitement tertiaire est nécessaire.

L'objectif de ces recommandations est d'obtenir des eaux usées traitées qui respectent l'arrêté du 26 mars 2018 et la norme NT106-003 et d'améliorer le potentiel de réutilisation des EUT qui dans sa totalité, ne dépasse pas 25% du potentiel existant.

- **Suivi de la quantité des eaux de recharge et des eaux souterraines**

Pour déterminer l'évolution du gain quantitatif, l'efficacité hydraulique globale et le rendement d'un site de recharge artificielle sur une nappe souterraine, il est important de suivre les quantités :

- ✓ Des eaux utilisées pour la recharge artificielle ;
- ✓ Des eaux parvenant à la nappe ;
- ✓ Des eaux récupérées ou bien exploitées ;
- ✓ Des réserves disponibles en eau de la nappe souterraine.

Les recommandations sont les suivantes :

- ✓ Effectuer des mesures continue de la quantité des eaux usées traitées utilisées pour la recharge ;
- ✓ Effectuer des mesures périodiques de la quantité des eaux stockées dans les retenues et des lâchers dans les lits d'oueds ;
- ✓ Mesurer ou estimer l'évaporation ;
- ✓ Évaluer périodiquement le bilan de la nappe ;
- ✓ Contrôler le nombre de sondages/puits et leurs débits de pompage afin de connaître la quantité des eaux exploitées de la nappe.

- **Contrôle de l'état de fonctionnement des sites de recharge**

Le bon fonctionnement de chaque site de recharge est à exiger. Les actions à conduire sont les suivantes :

- ✓ Effectuer un diagnostic périodique de chaque site de recharge ;
- ✓ Effectuer des travaux et des campagnes périodiques de maintenance et d'entretien de chaque site, par exemple exécuter des travaux/campagnes de :
  - ✓ Dragage des barrages, barrages collinaires et lacs collinaires ;
  - ✓ Curage des oueds et des bassins d'infiltration ;
  - ✓ Remplacement des équipements de recharge vétustes ;
  - ✓ Prévision des mesures de réduction du transport solide vers barrages, barrages collinaires et lacs collinaires, comme les aménagements de conservation des eaux et du sol (CES) des bassins versants correspondants.

- **Critères de choix du site de recharge**

Parmi les conditions à satisfaire pour le choix de chaque site de recharge, on cite :

- ✓ De bonnes propriétés hydrodynamiques des réservoirs (perméabilité, transmissivité, porosité, coefficient d'emmagasinement, coefficient d'infiltration, etc.), ce qui nécessite une étude hydrogéologique détaillée de chaque site de recharge projeté ;
- ✓ La nappe concernée par une opération de recharge prioritaire est une nappe surexploitée ou en cours de surexploitation ou une nappe sujette au risque d'intrusion marine ;
- ✓ La présence d'un réservoir important dans le cas où la recharge artificielle est envisagée pour stocker de l'eau dans les réservoirs souterrains afin de la rendre disponible pendant les périodes de fortes demandes ;
- ✓ Penser toujours aux petites nappes (abondantes au Nord de la Tunisie) vue que l'impact de recharge sur ces aquifères sera important ;
- ✓ L'absence de risque d'affleurement de la nappe ;
- ✓ La disponibilité des eaux de recharge d'une façon suffisante et continue pour atteindre les objectifs souhaités de l'opération de recharge en termes de gain quantitatif et de rendement, pour assurer la durabilité du processus.

- **Choix du type/ouvrage de recharge**

Pour les prochains sites de recharge artificielle des nappes, il faut toujours penser au bon choix de type/ouvrage de site de recharge pour garantir la réussite de l'expérience de recharge, de point de vue coût et performance. Sur la base de l'évaluation des expériences de la recharge artificielle effectuées sur des nappes, on recommande de :

- Utiliser les puits filtrants seulement pour la recharge artificielle par les eaux de crues ;
- Opter pour des puits filtrants dans le cas où la perméabilité et le niveau piézométrique de la nappe sont relativement faibles ;
- Envisager la recharge artificielle par le biais de travaux CES (banquettes, cordons en pierre, tabias, jessours, Meskats, labour en courbe de niveau, cuvette, etc.) surtout au Sud et au Centre du pays ;
- Éviter la recharge artificielle par des grands barrages au sud de la Tunisie, où le climat est aride à saharien et les eaux de surfaces sont irrégulières ;
- Considérer la recharge artificielle moyennant des barrages souterrains ;
- Valoriser les eaux usées traitées par stockage inter-saisonnier, surtout dans le Sud du pays où les ressources en eaux de surface sont faibles ;
- Éviter le rejet direct des eaux usées traitées dans les lits d'oued et utiliser des bassins d'infiltration ou des périmètres irrigués pour assurer les opérations de recharge correspondantes ;
- Penser aux barrages souterrains surtout dans les nappes phréatiques à risque d'intrusion marine ;
- Effectuer une étude de rentabilité économique et estimer le coût

- ***c. Promouvoir et encourager le dessalement des eaux saumâtres et marines***

La Stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « eau 2050 » s'articule autour des 10 principaux Axes. L'axe 2 consiste à recourir au Dessalement et la Reuse en tant que choix complémentaires stratégiques de mobilisation de ressources non conventionnelles (BPEH, 2022). Le dessalement d'eau saumâtre et d'eau de mer est un pilier de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eau, en particulier pour les ressources non conventionnelles. Il est devenu, en Tunisie, une solution incontournable pour satisfaire les besoins accrus en eau de la population. Il s'impose également à cause de la rareté et de l'irrégularité des ressources en eau dans le pays.

Il y a une centaine de stations de dessalement en Tunisie de différentes tailles. La SONEDE gère plus que 15 stations de dessalement qui représentent environ 60% de la capacité de dessalement dans le pays. Les progrès technologiques ont permis de rendre le coût du dessalement compétitif pour l'alimentation en eau potable des zones urbaines touristiques et industrielles. La part de l'énergie représente 40% du coût, l'amortissement 40%, l'entretien 10% et le reste de composantes, 10%. Dans ce cadre, le recours à l'énergie solaire pour amortir le coût de cette technique énergivore est appréciable.

Les techniques de dessalement sont multiples et chacune d'elles comporte de nombreuses variantes. Le choix d'un processus de dessalement est déterminé par les conditions chimiques et physiques de l'eau à traiter (eau de mer ou eau saumâtre), le taux de production désiré et la nature de la source d'énergie disponible pour l'alimentation de l'unité de dessalement. La technique d'osmose inverse est la mieux adaptée pour le contexte technico-économique tunisien. Il s'agit d'un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous, au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression.

Le dessalement en Tunisie a toujours été utilisé plutôt dans le Sud Tunisien où les ressources sont assez rares et la salinité de l'eau relativement élevée. Toutefois, au vu de l'augmentation de la demande (besoins écologique, agricole, domestique, industriel et touristique) et la diminution future des ressources en eau à cause du changement climatique, le dessalement peut être envisagé dans la Région de Bizerte – Ichkeul. L'eau produite par dessalement peut être utilisée surtout pour satisfaire le besoin domestique ce qui permettra de libérer des ressources supplémentaires aux autres secteurs de besoin. De plus, il n'est pas exclu qu'une eau dessalée soit transférée vers les régions de l'intérieur lorsque la viabilité économique est prouvée par rapport à d'autres solutions de transfert des eaux conventionnelles pouvant venir de très loin.

En se basant sur l'étude de l'élaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « EAU 2050 » (BPEH, 2022), le coût de revient des stations de dessalement d'eau de Mer (SDEM) en méditerranée actualisé en 2019, dépendant de la capacité de traitement, se situe dans la plage de 0.90 à 1.84 Euro/m<sup>3</sup>, soit une moyenne de 1.21 Euro/m<sup>3</sup> (environ 4 DT/m<sup>3</sup>). Ce coût comporte 30% (1.200 DT) d'énergie, et 44% (1.760 DT) d'amortissement.

Selon la même étude, le coût de revient d'une SDES en Tunisie (actualisé 2019), dépend également de la capacité de traitement, se présente comme suit :

- 0.15 Euros/m<sup>3</sup> pour des capacités installées à partir de 15.000 m<sup>3</sup>/jour et salinité > 6 g/l, soit 0.500 DT/m<sup>3</sup>. Ce coût comporte 38 % (0.190 DT) d'énergie, et 46 % (0.230 DT) d'amortissement.
- 0.49 à 0.61 Euros/m<sup>3</sup> pour des capacités installées inférieures ou égales à 4.000 m<sup>3</sup>/jour et salinité ≤ 4 g/l, soit 1.6 à 2 DT/m<sup>3</sup>, avec une moyenne de 0.55 Euro/m<sup>3</sup> (1.800 DT/m<sup>3</sup>). Ce coût comporte 16 % (0.288 DT) d'énergie, et 46 % (0.828 DT) d'amortissement.
- 0.26 à 0.30 Euros/m<sup>3</sup> pour des capacités installées supérieures à 4.000 m<sup>3</sup>/jour et inférieures à 15 000 m<sup>3</sup>/jour; salinité (2.7 à 10 g/l), soit 0.844 à 0.989 DT/m<sup>3</sup>, avec une moyenne de 0.27 Euro/m<sup>3</sup> (0.890 DT/m<sup>3</sup>).

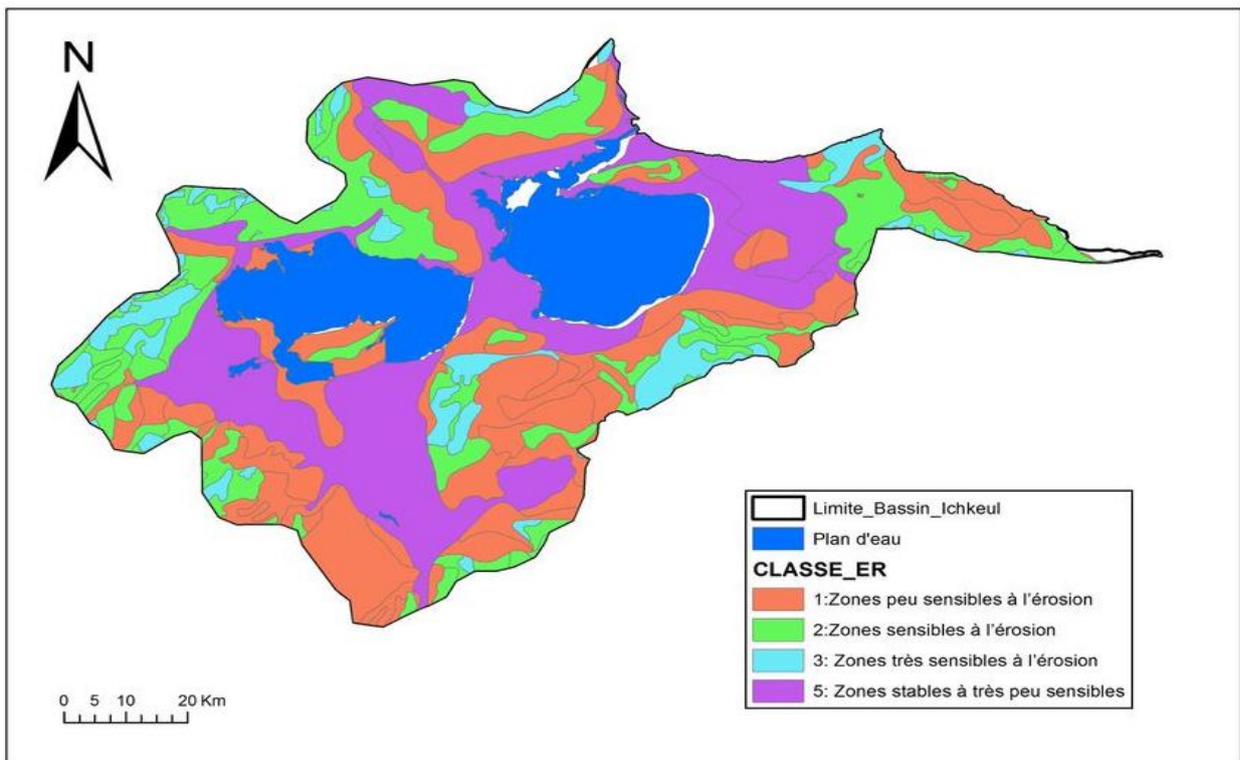
Le coût de dessalement qui est actuellement de l'ordre de 3 DT/m<sup>3</sup>, est trop élevé. La production de la SONEDE est totalement à perte double (eau de mer) par rapport aux eaux saumâtres. Au plan énergétique, 1m<sup>3</sup> dessalé consomme 6KWh, et pratiquement la moitié pour 1m<sup>3</sup> provenant d'eau saumâtre.

#### ***d. Aménagements de conservation des eaux et des sols***

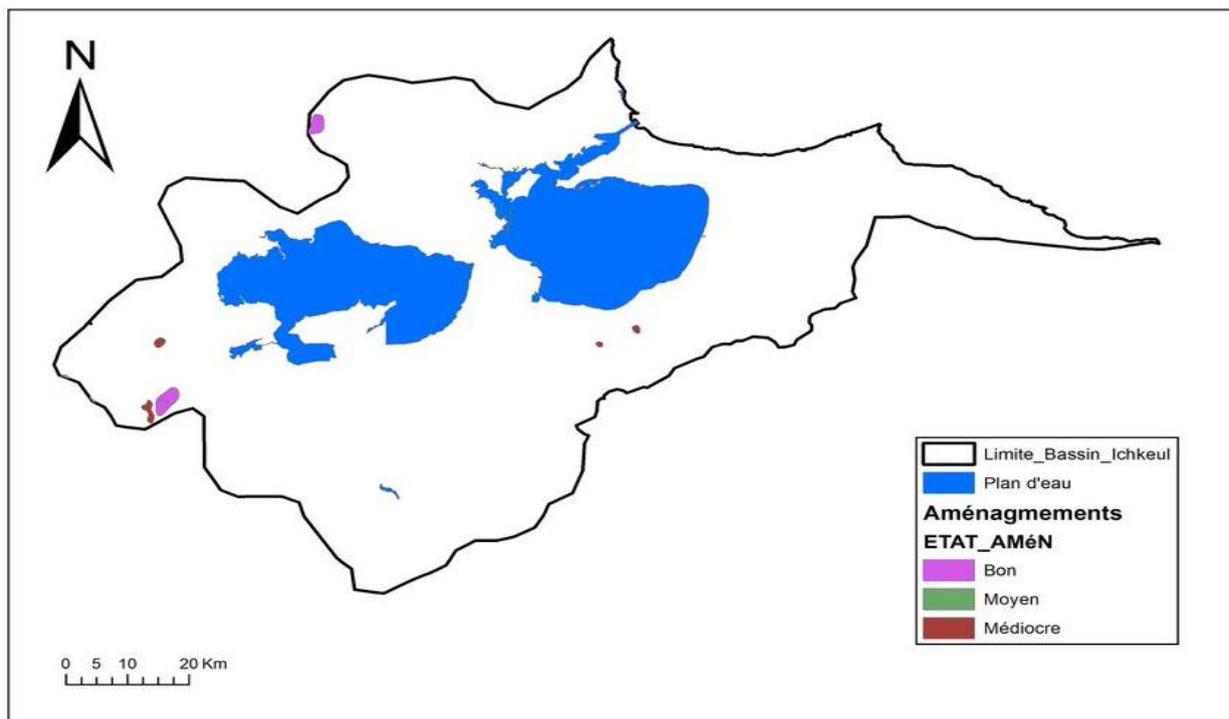
La Tunisie a acquis une grande expérience dans le domaine de la lutte contre l'érosion hydrique, la conservation des sols et la mobilisation des eaux de ruissellement, grâce à de nombreuses stratégies. Dans ce cadre, La DGAETA a réalisé un très grand nombre d'ouvrages de conservation des eaux et des sols (CES) dans la zone d'étude, y inclus les banquettes, les lacs collinaires, et les seuils hydrauliques Ces ouvrages CES sont à promouvoir suivant la nouvelle stratégie dont l'objectif est de cibler les réalisations. Un mode d'intervention préconisé est de placer la CES dans un contexte de développement rural intégré, où l'aménagement des terres agricoles et leur conservation constituent la porte d'entrée pour intervenir, mais où le contexte global sera analysé et où d'autres partenaires du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydriques et de la Pêche (MARHP) ou d'autres ministères, devront être mobilisés.

Ce nouveau mode envisage l'intervention de la DGAFTA au moyen de la mise en place de Projets d'Aménagement et de Développement Intégré des Territoires (PADIT) portés par la population et faisant suite à une animation mise en place dans les zones prioritaires d'intervention. La CES demeurera la thématique centrale de la DGAFTA mais son intervention se fera sur la base de la sollicitation des populations locales désireuses de valoriser les atouts de leur territoire à travers des projets multisectoriels.

La carte du risque d'érosion, qui montre l'emplacement des zones prioritaires pour les aménagements futurs et la carte des aménagements existants sont présentées dans la première phase du projet.



**Figure 22** : Carte du risque d'érosion, montrant l'emplacement des zones prioritaires pour les aménagements futurs

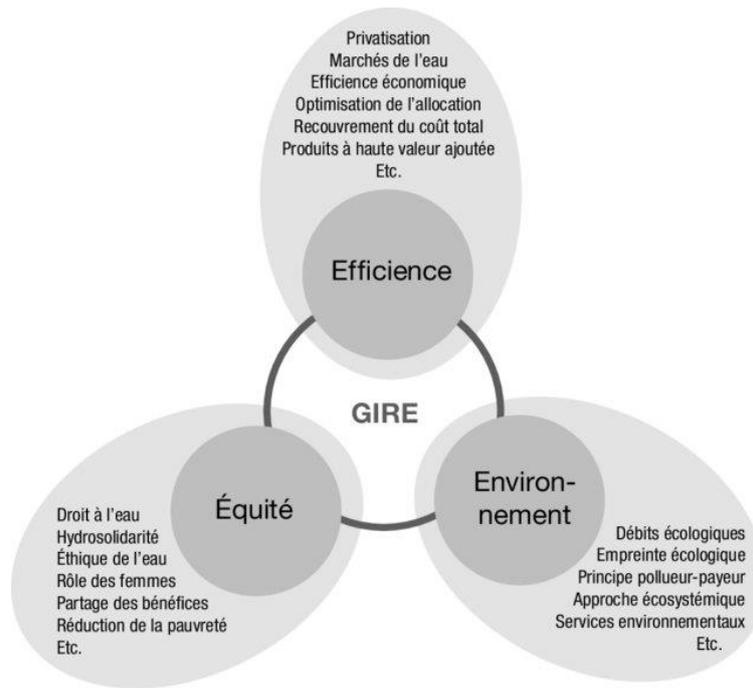


**Figure 23 :** Carte des aménagements existants dans le bassin de complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul

### 3.4.5 Objectif 2.4 : Développer et promouvoir une gouvernance spécifique de l'eau dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.

#### ***a. Promouvoir une gestion intégrée des Eaux, approche participative, responsabilisation des usagers et des acteurs, contrôle des prélèvements sur les eaux souterraines, contrôle de la qualité et lutte contre les pollutions***

Selon sa définition la plus fréquemment utilisée, la gestion intégrée des eaux est définie comme « *Un processus qui favorise le développement coordonné et la gestion de l'eau, des terres et des ressources associées, afin de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte, d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux* » (Global Water Partnership, 2013). Le concept de la GIRE englobe donc les trois principales valeurs collectives liées au développement durable. Il a projeté sur le devant de la scène les valeurs d'équité sociale et de durabilité environnementale, tout en rappelant la nécessité de prendre en compte l'efficacité et la rationalité économiques.



**Figure 24** : La gestion intégrée des ressources en eau et ses trois E (Molle, 2014)

Dans cette logique il est recommandé d'initier de programme de gestion intégrée de ressources en eau qui consiste à intégrer :

- L'approche **participative** : Participation des acteurs (usagers, planificateurs et décideurs) en vue de faciliter une large appropriation et de les responsabiliser ;
- La gestion des périmètres irrigués est assurée par les agriculteurs : (responsabilisation, compétences et sensibilisation des usagers);
- **Gestion Durable** : promotion de la durabilité pour mobiliser davantage de ressource et gestion socialement responsable des ressources ;
- Rôle de la **femme** : La femme joue un rôle central dans la provision, la gestion et la préservation de l'eau.
- Amélioration de la qualité des EUT : ce programme est déjà programmé avec le programme de réhabilitation des stations des traitements des eaux de la région, miné par l'ONAS.

La mise en place d' une stratégie d' application de GIRE dans le bassin du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul reste très difficile, dans ce contexte on propose la mise en place d' une institution (agence ou office) de l' eau. Le rôle de cette agence est la gestion de la demande des ressources en eau. Elle réunirait tous les acteurs du BV : habitants citoyens, activités économiques (pêche, conchyliculture, industrie, artisanat, tourisme), associations environnementales, communes, Etat, etc.

Cet office coordonnera avec les autres les institutions responsables de secteur de l' eau : à l' échelle régionale (le CRDA de Bizerte) et nationale (DGRE, BPEH.). Le revenu de vente de l' eau formera la principale source de financement de cet office. D' autres bailleurs de fonds peuvent être le CRDA, la DGRE, investissements PPP, financement de l' Etat.

Et évoquer les pistes de financement de cette institution, ainsi que ses missions envisageables : cadre de concertation, subventions, contrôle et applications de taxes, amélioration de la connaissance, etc.

### 3.5 Axe stratégique 3 : Renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques

#### 3.5.1 Objectif 3.1 : Adapter les cultures et les systèmes culturaux aux changements climatiques et favoriser les pratiques culturales agroécologiques

##### 3.5.1.1 Perturbations observées et prévisibles

L'agriculture a été l'un des points clés abordés à la Conférence de Glasgow de 2021 sur les changements climatiques (COP26) étant donné son impact sur le climat et ses interactions avec les changements climatiques, dont les effets sont le plus souvent négatifs. Le manque d'eau et la répartition de la pluviométrie dans le temps créeront des contraintes de production. Les changements climatiques imposeront un réexamen de la question du stockage de l'eau pour faire face aux effets de régimes de précipitations de plus en plus extrêmes. Les variations intra et inter-saisonnières et de l'accroissement des taux d'évapotranspiration impacteront les systèmes de production agricoles. Les phénomènes météorologiques extrêmes (inondations et sécheresses) se multiplient et leur fréquence et leur gravité risquent d'augmenter, ce qui aura des conséquences graves pour la production alimentaire et forestière et la sécurité alimentaire. Les changements climatiques ont un impact sur la répartition des plantes, des espèces envahissantes, des ennemis des cultures et des vecteurs de maladies.

L'analyse de situation dans le cas du complexe lagunaire de Bizerte, la vulnérabilité des agrosystèmes aux changements du climat se résume ainsi (Voir rapport de la Phase 1.2 de l'étude. Analyse réalisée durant la présente étude, COMETE, 2022) :

- 15% des sols sont vulnérables à l'érosion hydrique dont 11% très vulnérables. 20% des sols sont également vulnérables à la salinité, dont 10% présentent une vulnérabilité élevée ;
- Cet impact peut toucher les périmètres irrigués dans la mesure où les restrictions sur la demande en eau seront plus sévères. En considérant que l'accroissement des besoins en eau d'irrigation pourrait représenter de +7% à +12% des besoins normaux actuels et que cet accroissement de besoins ne serait pas satisfait, la production des cultures maraichères connaîtrait une baisse proportionnelle passant de 165 000 tonnes (période de référence) à 148 500 tonnes en 2050, soit une baisse de 10% ;
- Les superficies irriguées dans la zone passeraient de 5 196 ha (période de référence) à 4 832 ha en 2050 et 4 728 ha en 2100, soit une réduction de 7% et de 9%, respectivement ;
- Le blé tendre subira la plus forte perte, estimée à 1,83 qx/ha, suivi par l'orge 0,89 qx/ha, et finalement le blé dur avec une perte de 0,39 qx/ha ;
- En termes de répercussions économiques, les agriculteurs devront s'attendre à des pertes monétaires évaluées respectivement en DT/ha de l'ordre de 23,10, 82,77 et 35,83 pour le blé dur, le blé tendre et l'orge respectivement ;

- Pour les céréalicultures, le rendement à l'hectare baisserait de 15 à 20% en 2050 et 22 à 28% en 2100 ;
- Ainsi, les productions céréalières dans la région passeraient de 63 889 tonnes (période de référence) à 53667 tonnes en 2050 et à 49 833 tonnes en 2100 ;
- Les productions des légumineuses en sec, comme assolement dans la région du lac Bizerte connaîtraient à leur tour une chute, passant de 8 140 tonnes (période de référence) à 6 838 tonnes en 2050 et à 6 349 tonnes en 2100 ;
- Les productions d'huile d'olive dans la région connaîtraient une chute, passant de 4 888 tonnes (période de référence) à 4 155 tonnes en 2050 et à 3 422 tonnes en 2100 ;
- En plus, les sécheresses et canicules augmentent directement le nombre de jours à risque élevé d'incendie. En effet, ces sécheresses subies produisent de grosses quantités de biomasse morte très combustible. Ces phénomènes combinés pourraient induire des pertes d'environ 25 à 40%, selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 ;
- Les projections de production fourragère aux horizons 2050 et 2100 prévoient des réductions importantes de la production fourragère passant de 181 000 tonnes (période de référence) à 145 000 en 2050 et à 109 000 tonnes en 2100 ;
- En raison de la dégradation de la production fourragère et des écosystèmes sylvo-pastoraux, l'effectif du cheptel connaîtra une réduction significative. Les effectifs de petits ruminants devraient passer de 61 500 têtes (période de référence) à 49 000 têtes en 2050 et à 37 000 têtes en 2100.
- La vulnérabilité des activités agricoles dans la région concerne environ 78% des terres, dont 4% s'avèrent très vulnérables.

### 3.5.1.2 Réponses afin de favoriser la résilience de l'écosystème de la lagune de Bizerte

Les activités agricoles se montrent très vulnérables aux changements climatiques, notamment par la succession d'années de sécheresses répétitives. Des mesures d'adaptation doivent être prises et concerneraient les différents secteurs de production agricole. Ainsi deux orientations stratégiques peuvent être dégagées :

#### ***a. Adapter les cultures et les systèmes culturaux aux changements climatiques***

Les mesures suivantes doivent être envisagées :

- Pour les grandes cultures : accroître la culture des légumineuses en assolement avec les céréales et ce en vue de préserver la fertilité du sol et par conséquent la productivité, même en condition de déficit hydrique ;
- Pour les céréales : diminuer la culture de blé tendre (très vulnérable) au profit de la culture d'orge et du blé dur ;
- Encourager les cultures fourragères pour répondre au déficit d'alimentation du bétail qui risque de s'accroître suite aux impacts des changements climatiques sur les pâturages naturels et parcours ;
- Pour les périmètres irrigués publics et privés : favoriser les cultures tolérantes à la salinité (artichaut, tomates etc.) plutôt que des cultures sensibles (pomme de terre, piment etc.) ;
- Pour l'arboriculture fruitière : favoriser l'oléiculture, notamment en mode biologique aux dépens des cultures peu tolérantes à la sécheresse et à l'augmentation des températures hivernales ;
- Encourager l'utilisation des variétés et races locales, plus rustiques et mieux adaptées que celles introduites.

**Tableau 10.** Répartition par délégation des superficies concernées par les interventions dans le cadre de la stratégie d'adaptation des zones de cultures irriguées.

Délégation	Surface exploitée		
	Public	Privé	Total
Bizerte Nord	0	45	45
Bizerte Sud	450	178	628
Zerzouna	0	0	0
Menzel Djémil	300	270	570
Menzel Bourguiba	10	205	215
Tinja	0	110	110
Alia	1 000	458	1 458
Ras Jebel	1 900	270	2 170
<b>Total lac</b>	<b>3 660</b>	<b>1 536</b>	<b>5 196</b>
<b>Total Bizerte</b>	<b>11 770</b>	<b>4 705</b>	<b>16 475</b>

**Tableau 11.** Répartition par délégation des superficies concernées par les interventions dans le cadre de la stratégie d'adaptation des cultures en sec (grandes cultures, arboricultures, parcours et forêts)

Délégation	(Terres Labourable ha)	Parcours	Forêts
Bizerte Nord	700	440	1 334
Bizerte Sud	21 669	2 280	14 647
Zerzouna	8	30	10
Menzel Djémil	4 000	304	3 527
Menzel Bourguiba	9 600	400	7
Tinja	2 706	540	2 237
Alia	6 800	85	820
Ras Jebel	6 687	330	1 281
<b>Total lac</b>	<b>52 170</b>	<b>4 409</b>	<b>23 863</b>
<b>Total Bizerte</b>	<b>207 593</b>	<b>22 211</b>	<b>99 135</b>

#### **b. Favoriser les pratiques culturales agroécologiques**

Les mesures suivantes sont préconisées :

- Protéger les cultures en pente par des ouvrages de CES ;
- Encourager les pratiques agroécologiques dont notamment :
  - L'agriculture de conservation qui est un système cultural qui favorise une perturbation minimale du sol (c'est-à-dire sans travail du sol), le maintien d'une couverture permanente du sol et la diversification des espèces végétales. Elle renforce la biodiversité et les processus biologiques naturels au-dessus et au-dessous de la surface du sol, ce qui contribue à accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments et à améliorer durablement la production végétale.
  - L'agriculture biologique qui fait recours à des pratiques de culture et d'élevage soucieuses du respect des équilibres naturels. Elle exclut l'usage des produits chimiques de synthèse, des OGM et limite les intrants.
  - L'agriculture familiale qui est un système agraire reposant sur des exploitations de petite dimension travaillées chacune par une famille consommant une partie de sa production.

Le grand constat est celui d'un effet négatif du climat sur les productions, variable en fonction des cultures allant de 6 à 20% en 2050 et de 20 à 30% en 2100.

La disponibilité de l'eau sera un enjeu majeur dans la région de Bizerte. Par ailleurs, dans tous les cas, l'hypothèse de réchauffement supérieur à 3° C conduit à des chutes sérieuses des rendements des différentes productions, et conduirait à envisager un bouleversement de l'agriculture dans la région.

En vue d'assurer la durabilité du secteur agricole, les mesures stratégiques suivantes sont à promouvoir :

- Adapter les cultures et les systèmes cultureux aux changements climatiques ;
- Opter pour des pratiques culturales agroécologiques/

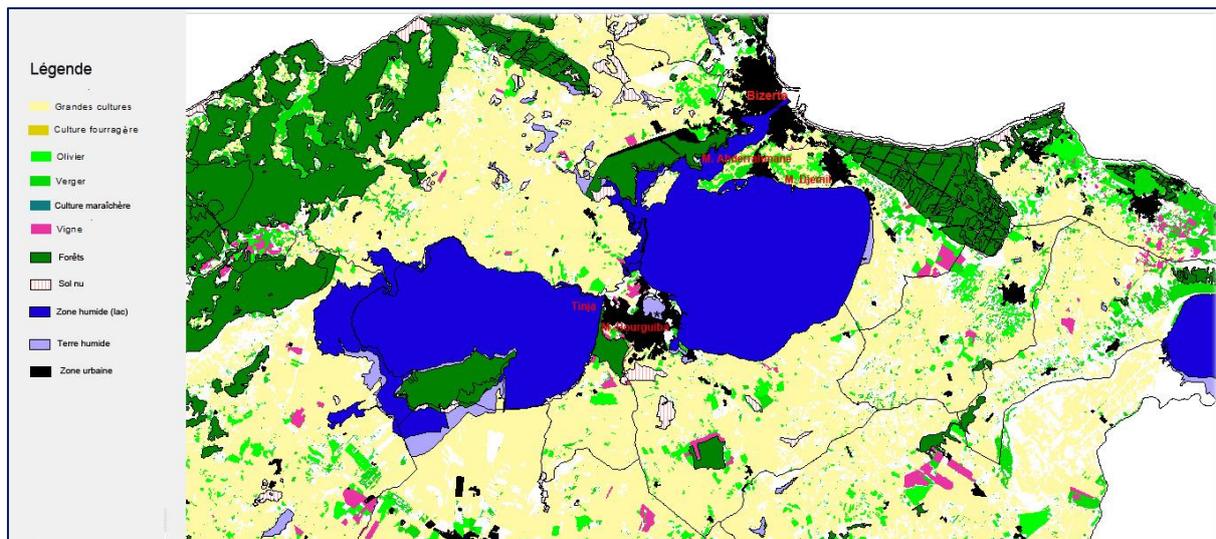


Figure 25. Zones d'intervention dans le cadre de la stratégie d'adaptation des cultures en sec, forêts et parcours

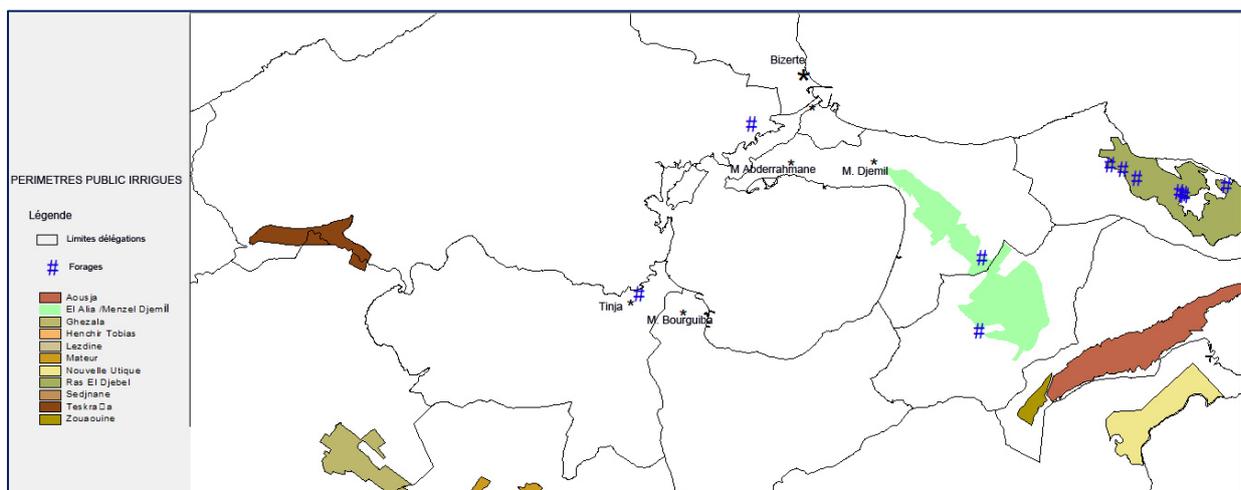


Figure 26. Zones d'intervention dans le cadre de la stratégie d'adaptation des périmètres de cultures irriguées

## 3.5.2 Objectif 3.2 : Favoriser l'adaptation de la pêche aux aléas climatiques

### 3.5.2.1 Perturbations observées et prévisibles

#### **a. Pêcherie artisanale et côtière doublée par une pêche récréative**

Dans la Lagune de Bizerte, l'activité halieutique est menée en particulier à partir du port de pêche de Menzel Abderrahmane ainsi que de plusieurs autres sites de débarquement. Il s'agit d'une pêche artisanale côtière, doublée par une pêche récréative.

#### **b. Elévation de la température**

L'élévation de la température et du niveau moyen de la mer auront deux effets directs sur l'activité de pêche, favorisant le recrutement et les migrations, l'homogénéisation des zones de pêches mais aussi la présence accrue des espèces non indigènes dans les captures. Dans les milieux lagunaires, l'EANM sera pratiquement toujours favorable au recrutement et aux migrations des espèces ciblées par la pêche.

Par rapport à la pêche, les températures élevées et durables sont susceptibles de réduire les captures, soit par la fuite en mer (cas des poissons) ou des mortalités massives des certaines espèces cibles (cas des seiches). Les zones Nord-Est de la lagune seront les plus vulnérables à ce phénomène.

#### **c. Risque d'effondrement de la pêcherie des anguilles**

Dans le cas du lac Ichkeul, la vulnérabilité de la pêche dépendra de l'efficacité des échanges et par suite du recrutement en rapport avec la Lagune de Bizerte et la mer. Le changement climatique tend vers l'extension du domaine lagunaire qui favorisera le recrutement des muges. Cependant, la pêcherie des anguilles risque de s'effondrer avec le dysfonctionnement de l'alternance des courants sortant par saison humide et les courants rentrant en saison chaude.

### 3.5.2.2 Quelles alternatives et quels soutiens pour la pêche ?

#### **a. Préservation et aménagement des ressources vivantes et mise à niveau des infrastructures de pêche**

Dans la Lagune de Bizerte, le soutien aux activités de pêche sera assuré moyennant l'aménagement des ressources vivantes, en assurant le recrutement et les migrations d'une part, et la mise à niveau des infrastructures des pêches d'autre part, dont l'extension, l'équipement et la mise à niveau du port de Menzel Abderrahman et la promotion des sites de pêche les plus fréquentés, à travers l'installation de débarcadères (cas de Menzel Jemil, Jewawda, Guengla etc.).

#### **b. Fourniture des eaux écologiques indispensables pour la productivité du lac de l'Ichkeul**

Le maintien des activités halieutiques pour l'Ichkeul, dépend aussi du recrutement et des migrations à travers la Lagune de Bizerte, la fourniture des eaux écologiques serait indispensable pour la productivité du lac ainsi que pour l'appel des recrues notamment les anguilles. Ces fonctions nécessitent le bon fonctionnement hydrologique de l'écosystème et des ouvrages facilitant les échanges des eaux.

**c. *Maintien des échanges avec la mer à travers les systèmes naturels ou artificiels : Canal de Bizerte, Oued Tinja, écluse de Tinja, chenal, barrages du bassin de l'Ichkeul***

En définitive le maintien des échanges et du renouvellement des eaux, aussi bien celles de la Lagune de Bizerte que de celles du lac Ichkeul, demeure l'élément clé pour la pérennisation des activités de pêche.

**3.5.2.3 *Éléments de synthèse***

Dans l'ensemble, les espèces sessiles sédentaires dont les mollusques resteront les plus sensibles vis-à-vis du changement climatique dans le lac de Bizerte, alors que plus d'une trentaine d'espèces de poissons, ciblés par la pêche, bénéficieront de l'évolution vers une marinisation accrue, en rapport avec leurs caractères euryhalins et eurythermes. Le rendement des captures sera plus important d'autant plus que certaines espèces exotiques pourront faire partie de futures captures.

Cependant, avec les chaleurs excessives et durables, accompagnées par des proliférations d'algues toxiques, les épizooties sont potentiellement risquées notamment chez les mollusques et les poissons.

A l'Ichkeul, le changement climatique serait aussi favorable aux espèces marines (invertébrés ou poissons) actuellement rares ou accidentelles qui auront les conditions favorables à l'installation. Le recrutement des muges sera le premier bénéficiaire alors que le stock des anguilles risque de s'effondrer si l'alternance des courants sortant par saison humide et le courant rentrant en saison chaude, sera perturbée.

Une gestion qui se veut réussie réside dans le maintien des échanges avec la mer et de leur efficacité à travers les systèmes naturels (canal de Bizerte et oued Tinja) et les ouvrages de maîtrise (écluse de Tinja, chenal, barrages du bassin de l'Ichkeul).

**3.5.3 Objectif 3.3 : Développer les meilleures conditions pour garantir la pérennité de la conchyliculture**

**3.5.3.1 Perturbations observées et prévisibles**

**a. *Conchyliculture menacée par le changement climatique***

Concernant la conchyliculture, principale activité aquacole dans la Lagune de Bizerte, et dont la pérennité est menacée par le changement climatique, ces élevages sont soumis directement au réchauffement des eaux, sachant qu'ils sont installés en milieu naturel (en filière ou sur tables). D'ailleurs, plusieurs cas de mortalités estivales massives des moules sont déjà constatés au cours des dernières années sous fortes températures. La dystrophie peut aussi accentuer les impacts.

De même l'élévation de la température des eaux diminue le captage des naissains moules et favorise le biofouling et l'établissement d'espèces non indigènes dans les structures d'élevages.

Parmi plusieurs espèces du biofouling associées à la conchyliculture ce sont les organismes filtreurs sédentaires compétiteurs des moules qui affectent leurs croissances voire leurs survies, en particulier la pintadine (*Pintada imbricata radiata*) et l'ascidie (*Phallusia mammillata*). La pintadine de par sa densité et sa taille la Pintadine est la plus menaçante avec sa capacité filtrante supérieure elle prive les moules de s'alimenter, alourdissent les

boudins, offre un support à d'autres espèces associées dont les balanes (*Balanus sp*) et les serpules (*Sabella sp*), également filtreurs. Le biofouling contribue aussi à l'accroissement de la production primaire en augmentant la production des nutriments.

La Lagune de Bizerte, premier centre de production conchylicole en Tunisie, peut devenir moins appropriée pour cette activité.

### 3.5.3.2 Quelle adaptation pour la conchyliculture ?

#### **a. Réajustement spatial des activités conchylicole et révision des densités**

La conchyliculture sera l'activité la plus affectée par le changement climatique car les élevages sont effectués sur de installations fixes (en filière ou sur tables). Le réchauffement est un facteur limitant qui menace sérieusement cette activité. Plusieurs cas de mortalités estivales des moules sont enregistrés.

La conchyliculture, bien implantée dans la Lagune de Bizerte, devra être répartie autrement en rapport avec l'évolution de l'écosystème et par suite sa productivité. En parallèle avec la détermination de la capacité de charge de la lagune pour les fermes aquacoles, la solution réside en une harmonisation entre les Zones Allouées à l'Aquaculture et la Planification Spatiale Maritime.

- Par rapport au lotissement établi par les gestionnaires de la pêche et de l'aquaculture, entrepris depuis 2021, qui concentre l'activité conchylicole plutôt vers le Nord-Est de la lagune, un réarrangement est nécessaire en se basant sur une révision du lotissement établi par les gestionnaires (concentration de l'activité vers le Nord-Est) ;
- La détermination de la capacité de charge de la lagune pour les projets aquacoles ;
- Le zonage basé sur la méthodologie des zones Allouées à l'Aquaculture (AZA) ;
- Envisager la transposition des filières vers des sites en mer.
- La planification spatiale maritime appliquée à la Lagune de Bizerte, évitant les conflits d'usage notamment celui existant entre les activités de Pêche et d'Aquaculture.
- Atténuation de l'impact des espèces invasives (lutte, adaptation, valorisation)
- Diversification des espèces conchylicole par la vénériculture, notamment dans la zone de Chaara
- Diversification des activités aquacoles : algoculture, culture de néréides (appâts)

#### **b. Développement de nouvelles activités d'économie bleue**

Aussi bien pour la pêche que pour l'aquaculture, une stabilité de la production et de productivité est attendue, par la proposition de diminution de l'effort de pêche et la réduction des projets conchylicoles. Néanmoins, en vue de soutenir les activités socioéconomiques de la population maritime, des créneaux d'économie bleue visant la proposition de niches d'emplois en rapport seront identifiés comme :

- Le pescatourisme activité loisir faisant embarquer des visiteurs (touriste) à bord de bateaux de pêche ou de barges conchylicoles. C'est un moyen, pour les pêcheurs, de faire connaître leur métier depuis les techniques de pêche, l'effort déployé jusqu'à l'environnement marin ; cette activité diminue l'effort exercé sur les ressources tout en améliorant les revenus des pêcheurs.
- L'ittitourisme est une activité d'accueil dans un restaurant de pêcheur ou l'hébergement dans l'habitat typique et traditionnel des pêcheurs, avec toujours une ambiance de découverte et de communication sur le monde de la pêche ou de la conchyliculture.
- Autres...

### 3.5.4 Objectif 3.4 : Favoriser le développement de nouvelles opportunités touristiques

#### 3.5.4.1 Perturbations observées et prévisibles

Le climat est l'une des ressources principales du tourisme, dans la mesure où il contribue à la détermination de la durabilité des emplacements où est réalisé un large éventail d'activités touristiques, mais aussi du fait qu'il joue un rôle de premier plan dans le caractère saisonnier de la demande touristique.

Un large éventail de changements environnementaux imputables au climat aura d'importantes conséquences pour le tourisme selon les destinations. Les pertes de biodiversité, les atteintes à l'esthétique des paysages, les dommages à la production agricole, les risques naturels accrus, l'érosion et les inondations côtières, les dommages aux infrastructures et la fréquence croissante de maladies à transmission vectorielle, Tous ces phénomènes auront un impact sur le tourisme à différents degrés.

Il est par ailleurs important de noter que le changement climatique aura également des effets positifs sur le secteur du tourisme et que ces effets varieront considérablement selon les segments de marché et les activités concernées.

Le changement climatique dans la région présentera des atouts météo importants pour le tourisme avec, notamment, la dominance des ambiances confortables et l'existence des nuances régionales et saisonnières qui offrent la possibilité de diversification des activités touristiques.

La nouvelle répartition géographique et saisonnière de la demande touristique en Tunisie va prendre une très grande importance pour chaque destination. Une réorientation progressive des préférences des touristes vers des destinations moins impactées par les changements climatiques sera observée dans le futur.

Les saisons touristiques seront modifiées dans le Lac Bizerte et il est possible que davantage de touristes voyagent durant les intersaisons, ou en hiver, les conditions météorologiques devenant plus attrayantes.

Cette modification des structures des voyages pourrait avoir d'importantes implications positives, notamment le fait que les dépenses touristiques puissent augmenter, proportionnellement, dans la région de Bizerte :

Les tendances futures dans la région montrent que les changements climatiques peuvent avoir à la fois des impacts négatifs, mais également d'autres positifs sur l'activité touristique :

- **Impact sur l'ambiance climatique** : au printemps et en hiver, le changement climatique se traduira par des températures plus clémentes qui sont susceptibles d'attirer beaucoup plus de touristes, ce qui nécessite de réfléchir aux conditions de leur accueil,
- **Impacts sur la biodiversité, des écosystèmes et de la qualité des paysages** : La dégradation de la biodiversité et les impacts subis touchent à la fois les zones terrestres et aquatiques. Les impacts négatifs du changement climatique touchent la fréquentation de certains lieux, des activités touristiques spécifiques : tourisme de terroir, la pêche de loisirs en eau douce, tourisme de découverte, randonnées, loisirs, agritourisme etc. En fait, l'attractivité touristique et récréative de la région du complexe

du lac de Bizerte repose aujourd'hui, sur des paysages ou écosystèmes spécifiques en dehors des plages. Il s'agit néanmoins d'une question à prendre en compte dans les stratégies de développement touristique futur.

- **Impact du changement climatique sur les excursions** : Les paramètres climatiques projetés pour la région du complexe du Lac Bizerte ne semblent pas handicaper ces activités durant les saisons d'été, automne et printemps. Au contraire, la région du Lac serait une destination préférée comparativement aux autres zones du pays (Kef, Tozeur etc.)
- **Impact du changement climatique sur les visites guidées** : L'organisation de visites guidées peut être perturbée par les pluies pendant l'hiver. Le vent et les températures ne semblent pas avoir des impacts négatifs sur cette activité dans le Lac de Bizerte/
- **Impacts de l'élévation du niveau de la mer sur le tourisme** : Cet effet sera senti sur l'étendue du complexe lagune notamment sur le littoral, comme au niveau dans périphéries et zones limitrophes du Lac.

#### 3.5.4.2 Adaptations et alternatives pour le tourisme actuel

Les tendances futures dans le complexe lagunaire montrent qu'au printemps et en hiver, le changement climatique se traduira par des températures plus clémentes qui sont susceptibles d'attirer beaucoup plus de touristes. Ceci nécessite de réfléchir aux conditions de leur accueil. Le climat de la région du complexe du Lac Bizerte présente donc des atouts météo importants pour le tourisme avec notamment, la dominance des ambiances confortables.

Les modifications attendues du climat peuvent être considérés à effet positif pour les activités touristiques, récréatives et de plein air, et penchent vers une meilleure attractivité par comparaison aux autres destinations touristiques classiques du pays.

En fait, l'attractivité touristique et récréative de la région du complexe du lac de Bizerte repose aujourd'hui, sur des paysages ou écosystèmes spécifiques en dehors des plages. Il s'agit néanmoins d'une question à prendre en compte dans les stratégies d'adaptation et de développement touristique futur.

##### ***a. Protéger les infrastructures touristiques littorales et les ports des effets des CC (élévation du niveau de la mer)***

Il faudra s'assurer de :

- La protection et la conservation des écosystèmes côtiers pour augmenter leur résilience ;
- L'amélioration des standards de construction et d'emplacement pour les infrastructures touristiques ;
- L'adoption de la gestion intégrée des côtes dans la planification du développement touristique, l'utilisation des terres et l'occupation du territoire.

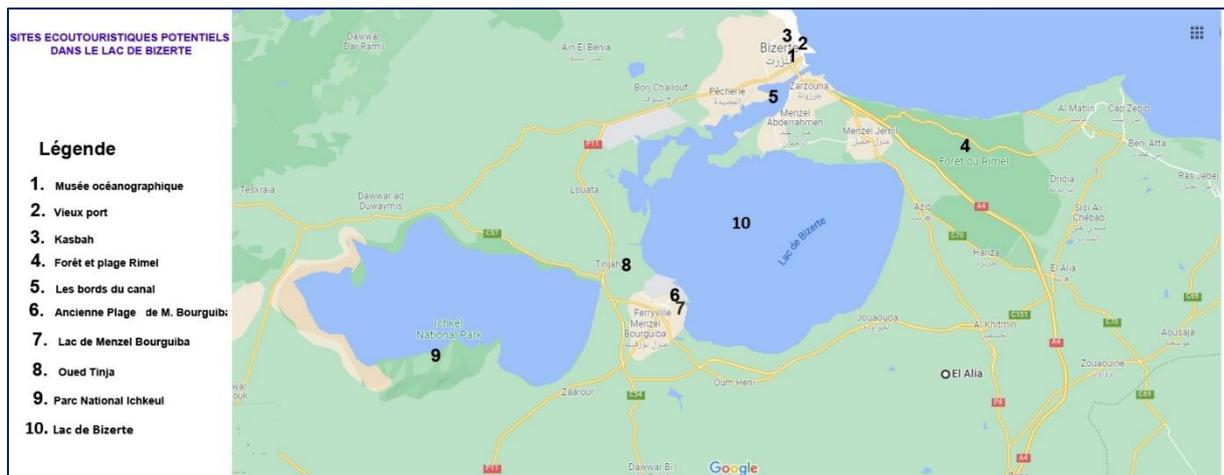


Figure 27. Principales zones d'intervention pour le développement touristiques

**b. Valoriser les opportunités offertes par l'ambiance climatique relativement plus attractive dans la région de Bizerte**

Ces activités pourront reposer sur :

- La diversification de l'offre touristique pour réduire les vulnérabilités au climat ;
- La protection de la biodiversité ;
- L'amélioration de l'accueil touristique (agritourisme ; écotourisme, tourisme culturel, randonnées, sites historiques ; etc.)
- Les protections douces (végétalisation, afforestation) pour lutter contre l'érosion et la dégradation des paysages ;
- L'intégration des sites du complexe dans des circuits touristiques et des activités récréatives.

### 3.5.5 Objectifs 3.5 : Développement des Énergies Renouvelables

#### 3.5.5.1 Perturbations observées et prévisibles

Dans le contexte spécifique de la région de Bizerte-Ichkeul, deux problématiques majeures mettent en lumière des défis cruciaux. Tout d'abord, la dépendance persistante aux combustibles fossiles constitue un enjeu préoccupant. L'usage intensif de ces ressources non renouvelables pour la production d'énergie engendre d'importantes émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi de manière significative au changement climatique. En parallèle, la région fait face à une augmentation sans précédent de la demande énergétique. Cette croissance est impulsée par l'accroissement démographique et le développement économique en cours. Cette montée en puissance des besoins en énergie met en péril les ressources énergétiques existantes, favorisant ainsi une pression croissante sur l'environnement et le risque de dégradation des écosystèmes fragiles

#### 3.5.5.2 Solutions proposées

Face à cette problématique, la transition vers les énergies renouvelables émerge comme une solution cruciale. Ces sources d'énergie, telles que le solaire, l'éolien, l'hydroélectricité et la biomasse, offrent un potentiel considérable pour répondre à nos besoins énergétiques tout en réduisant les émissions de GES. Elles sont également abondantes, disponibles localement et inépuisables à l'échelle humaine.

L'introduction de centrales photovoltaïques flottantes sur le lac de Bizerte représente une proposition stratégique majeure pour la transition énergétique dans la région. Cette approche novatrice capitalise sur l'exploitation innovante d'un espace souvent sous-utilisé. Le lac, en tant que vaste surface d'eau, offre un potentiel considérable pour la production d'énergie solaire. En déployant des panneaux solaires flottants, l'espace aquatique disponible devient un générateur d'énergie propre sans compromettre les terres précieuses ni altérer les écosystèmes terrestres. Cette stratégie prometteuse favorise la production d'énergie propre et renouvelable grâce à l'utilisation judicieuse de la ressource solaire abondante dans la région. Elle joue un rôle essentiel dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi activement à l'atténuation du changement climatique. De plus, en évitant la compétition pour les terres agricoles, elle soutient la sécurité alimentaire et la préservation des espaces dédiés à l'agriculture. En outre, cette méthode tire parti de l'eau du lac pour refroidir les panneaux solaires, optimisant ainsi leur efficacité tout en limitant les pertes d'énergie liées à la chaleur.

De même, le couplage de centrales solaires avec des activités agricoles représente une synergie intelligente. Cette approche multifonctionnelle optimise l'utilisation des terres, générant de l'électricité tout en soutenant le secteur agricole. Les ombrières solaires au-dessus des zones agricoles peuvent protéger les cultures des intempéries tout en fournissant de l'énergie renouvelable.

Cette approche innovante implique l'installation de panneaux solaires au-dessus des terres agricoles, permettant ainsi une double utilisation judicieuse des précieuses ressources foncières. Les panneaux solaires offrent une protection aux cultures contre les intempéries et créent un microclimat favorable, favorisant ainsi l'augmentation de la productivité agricole. Cette synergie intelligente accroît la résilience économique des agriculteurs en leur permettant de générer des revenus supplémentaires grâce à la production d'électricité tout en poursuivant leurs activités agricoles traditionnelles. En outre, cette approche réduit les émissions de gaz à effet de serre, s'alignant ainsi sur les objectifs de transition vers une économie bas carbone. L'engagement actif des agriculteurs dans la transition énergétique favorise l'acceptabilité locale de cette initiative intégrée, un élément crucial pour sa réussite.

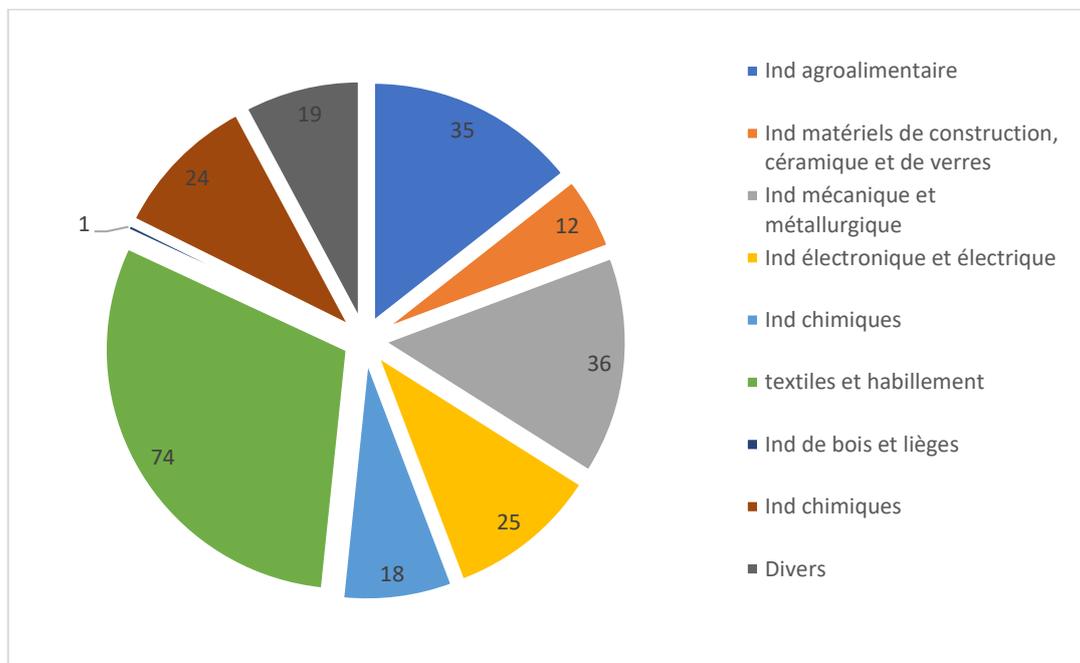
### 3.6 Axe stratégique 4 : Promotion d'un aménagement du territoire harmonieux compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région.

#### 3.6.1 Objectif 4.1 : Promouvoir une meilleure intégration de l'activité industrielle dans l'environnement naturel et socioéconomique de la région

##### 3.6.1.1 Perturbations observées et prévisibles

###### a. *L'industrie composante majeure du développement dans la zone*

L'activité industrielle dans la région de Bizerte se distingue par sa diversification et forte employabilité. En effet, le tissu industriel régional comprend, en 2020, près de 244 entreprises opérationnelles (source APII). Les unités industrielles appartiennent à un large spectre de sous-secteurs industriels. Celles opérant dans le sous-secteur du textile et de l'habillement sont les plus nombreuses à Bizerte (30% des entreprises industrielles du gouvernorat).



**Figure 28.** Graphique montrant le nombre d'entreprises par sous-secteur dans le gouvernorat de Bizerte (2020)

51% de ces entreprises sont implantées dans les communes riveraines du complexe lagunaire de Bizerte. Menzel Jemil est la ville accueillant le nombre le plus grand d'entreprises industrielles (44 en 2020, soit 18% du total).

En somme, l'industrie est le secteur le plus employeur à Bizerte, ce que lui permet d'occuper effet une place socioéconomique importante dans la région. 28.14% de la population active occupée y travaillent (source INS). Ce secteur emploie 50 684 personnes (année 2020) dont 36% sont embauchées dans le sous-secteur de l'industrie électronique et électrique, occupant ainsi la première place en la matière, suivi par celui du textile et habillement (34% des emplois industriels créés).

Les entreprises industrielles les plus importantes de la région sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 12.** Principales entreprises industrielles installées dans le gouvernorat de Bizerte.

Dénomination	Sous-secteur d'activité	Nombre d'employés	Lieu
<b>LEONI Wiring system Tunisia</b>	Industrie électrique et électronique	4074	Mateur
<b>WASHING INTER COMPAGNY</b>	Textile	2100	Ras Jebel
<b>TTE International</b>	Industrie électrique et électronique	2048	Menzel Jemil
<b>MARTEK</b>	Industrie de cuir	960	Menzel Jemil
<b>El Fouledh</b>	Industrie métallurgique	943	Menzel Bourguiba
<b>CLERPREM Tunisie</b>	Industrie de bois et ameublement	820	Menzel Jemil
<b>TECHNIPLAST INDUSTRIE</b>	Industrie chimique	509	Menzel Jemil
<b>Les ciments de Bizerte</b>	Industrie de matériaux de construction	473	Bizerte Sud
<b>BIC Bizerte</b>	Stylos et articles d'écriture	350	Menzel Jemil
<b>Natilaït</b>	Industrie agroalimentaire	246	Utique

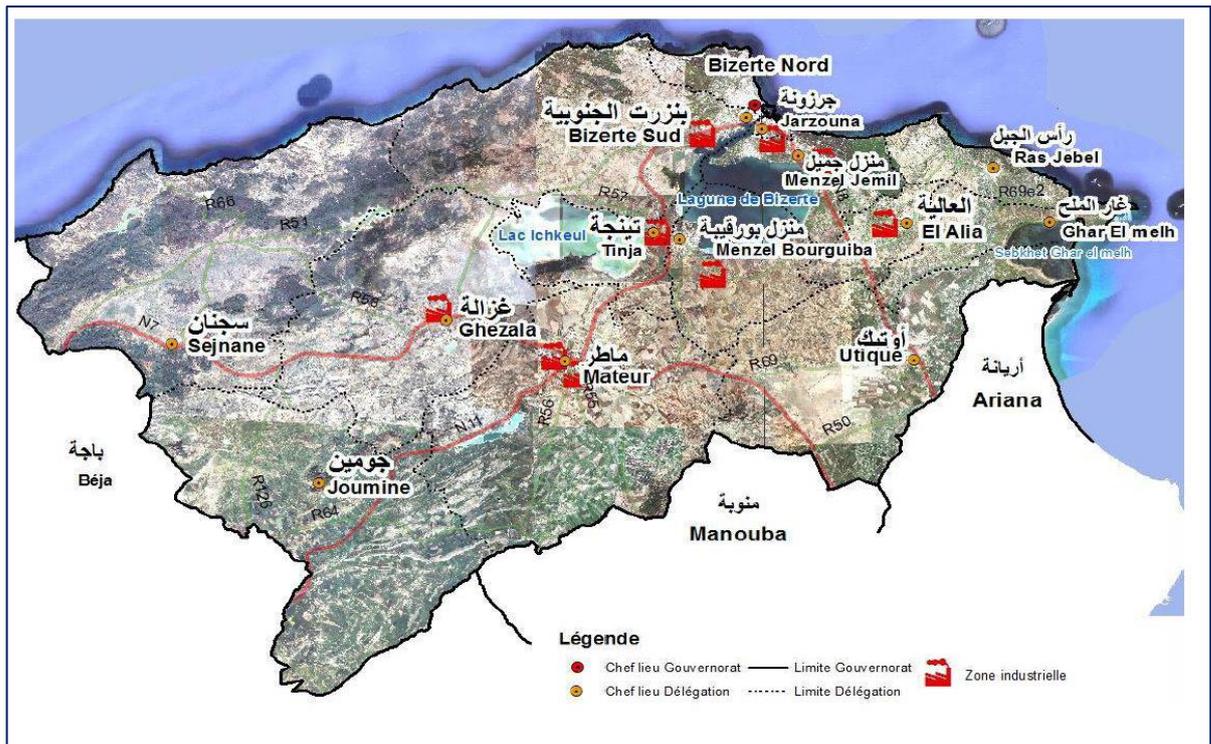
Source : CGDR, APII 2022- Traitement COMETE

S'agissant des infrastructures industrielles, le gouvernorat de Bizerte abrite actuellement 11 zones industrielles.

**Tableau 13.** Zones industrielles réparties par commune dans le gouvernorat de Bizerte.

Zones industrielles	Nombres d'entreprises y implantées	Localisation	Distance au complexe lagunaire de Bizerte en km
<b>Utique I</b>	22	Utique	13.23
<b>Utique II</b>	Zone programmée en cours de commercialisation	Utique	13
<b>Ghezala</b>	5	Ghezala	8 par rapport Ichkeul et 26 par rapport le lac de Bizerte
<b>Cité Ennasr</b>	5	Mateur	8 par rapport Ichkeul et 18 par rapport le lac de Bizerte
<b>Menzel Jemil</b>	29	Menzel JEMIL	Limitrophe (quelques centaines de mètres)
<b>Al Alia</b>	1	Al Alia	9.6
<b>Zarzouna</b>	8	Bizerte	1.9
<b>Tinja</b>	3	Tinja	3
<b>Mateur</b>	11	Mateur	8 par rapport Ichkeul et 16 par rapport le lac de Bizerte
<b>Sejnène</b>	Zone programmée en cours de commercialisation	Sejnène	33 par rapport Ichkeul et 51 par rapport le lac de Bizerte
<b>El Azib</b>	6	Menzel JEMIL	1.4

Source : CGDR, AFI – Traitement COMETE



**Figure 29.** Implantation des zones industrielles dans le gouvernorat (Source : CGDR 2020).

En récapitulatif, à côté de l'agriculture, le secteur industriel constitue un pilier de l'économie régionale qui se distingue par une industrie développée, diversifiée et pourvoyeuse d'emplois. L'adaptation de l'industrie régionale à un modèle de développement qui permet de préserver le complexe lagunaire face aux risques de changements climatiques, mérite une attention particulière, une forte sensibilisation des citoyens et une intégration continue des principaux acteurs concernés.

Les changements climatiques pourraient conduire à des conséquences qui peuvent affecter directement le secteur industriel. Parmi ces conséquences, les suivantes peuvent être évoquées.

Inondations répétées :

- Affectent les locaux ;
- Caused des dommages aux dépôts de stockage et perte de marchandises ;
- Retard de livraisons et pénalités de retard ;
- Arrêt temporaire de l'activité.

Canicules liées aux changements climatiques causant :

- Utilisation excessive des moyens de conditionnement de l'air, d'où une surconsommation d'énergie ;
- Augmentation des coûts de production d'où l'érosion de la rentabilité économique ;
- Diminution du rendement des procédés et des équipes durant les périodes de canicule.
- Mort d'Homme (femme et homme) à l'instar de ce qui s'est produit en Espagne sous canicule sévère durant l'été 2022.

### 3.6.1.2 Solutions proposées

En guise de solutions suggérées pour faire face aux risques de changements climatiques sur le secteur industriel régional, il est recommandé de :

- Au niveau planification, la carte d'implantation des zones industrielles gagnerait à être révisée en tenant compte de la composante risques de changement climatique et ainsi œuvrer à mettre en place les zones industrielles dans les emplacements à moindre risque de changement climatique (la zone au-dessous de Mateur notamment)
- Du côté aménagement des infrastructures industrielles elle-même (Zones, parc d'activités...), il est suggéré d'adopter un aménagement adéquat aux risques de changement climatique ; c'est dire, lors de la réalisation des études d'aménagement ou d'entretien des infrastructures dédiées, il importe de considérer les aléas relatifs à la pluviométrie pour avoir finalement un aménagement permettant de surmonter les risques d'inondation
- Du point de vue Bâtiments et équipements à utiliser, il est à œuvrer pour des bâtiments appropriés aux chaleurs et garantissant l'efficacité énergétique, et une programmation spatiale permettant une circulation efficace et économe d'énergie. Les équipements industriels supportant la chaleur d'une part et réduisant la chaleur dégagée d'autre part, devraient être favorisés également.

Il est à noter que ces pistes de solutions doivent avoir l'objet de concertation entre les principaux acteurs concernés (industriels, AFI, ministère de l'environnement, gouvernorat, maires...) afin d'avoir des actions opportunes à mettre en place prenant en compte la situation des industriels, la disponibilité des espaces dédiés, équipements recommandés, etc...

#### ***b. L'industrie est le générateur majeur des émissions de GES***

Il faut rappeler que les émissions de GES ont été abordés et justifiées par les données de l'observatoire sur la qualité de l'air, quant au risque de l'aggravation effets pervers des changements du climat à l'avenir. Il s'avère que l'industrie du ciment, les activités aériennes et maritimes (port, aéroport), et le stockage (GPL) et la transformation des hydrocarbures, sont les catégories majeures génératrices de GES. A cet égard, si la production de COVNM par la STIR, ne sont pas considérées dans l'estimation des émissions globales, les émissions fugitives de méthane (CH<sub>4</sub>) doté d'un pouvoir radiatif égal ou légèrement supérieur à celui du CO<sub>2</sub> sont à craindre sérieusement.

La croissance fulgurante durant les dernières décennies du parc automobile mais aussi d'engins à propulsion et de procédés tous basés sur l'usage de fuels fossiles, ajoute à la complexité et à l'aggravation de la situation environnementale et climatique.

Ce ne sont que quelques exemples des conséquences liées aux changements climatiques qui se déclarent de mieux en mieux ascendants et irréversibles pour des décennies, voire pour des millénaires.

#### **3.6.1.3 Solutions d'amélioration ou de remédiation**

Il remarquer que le Monde entier (non pas uniquement la Tunisie ou la région) demeure incohérent et incapable d'apporter des solutions durables qui sont à même de pallier ces conséquences de la catastrophe qu'est le changement avéré du climat. Dès lors, il serait vain de penser à des solutions valables, à toutes les conséquences devenues réellement insolvables et trop coûteuses, notamment lorsqu'il s'agit de pertes humaines ou de canicules dévastatrices pour les cultures, la biodiversité, les ressources et les activités socio-économiques.

Cependant certaines recommandations peuvent être esquissées :

- a. **Pour les véhicules automobiles et machineries fonctionnant au fuel**, il peut être proposé :
- De multiplier les études en vue d'un programme et des allocations budgétaires de conversion des engins de transport et des procédés industriels vers des sources d'énergie propre ;
  - D'encourager à moyen et long termes, l'introduction tout au moins progressive des véhicules à propulsion électrique dans le domaine du transport individuel ou commun ;
  - D'instaurer des règles strictes, mais simples de mise en œuvre ; par exemple, interdire la circulation des engins à numéro de matricule paire durant les jours pairs, et interdire la circulation des véhicules à numéro de matricule impair durant les jours impairs.
- b. **Pour les procédés industriels**, il faudra renforcer le suivi et le contrôle des activités génératrices des GES les plus vigoureux (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NOx). A cet égard, les émissions fugitives de CH<sub>4</sub> à la STIR doivent bénéficier d'un contrôle continu sur la base de guides pratiques à instaurer, et une approche de sensibilisation, de communication et d'éducation à tous les niveaux.

### 3.6.2 Objectif 4.2 : Protéger et gérer convenablement le tissu urbain et les infrastructures dans la région

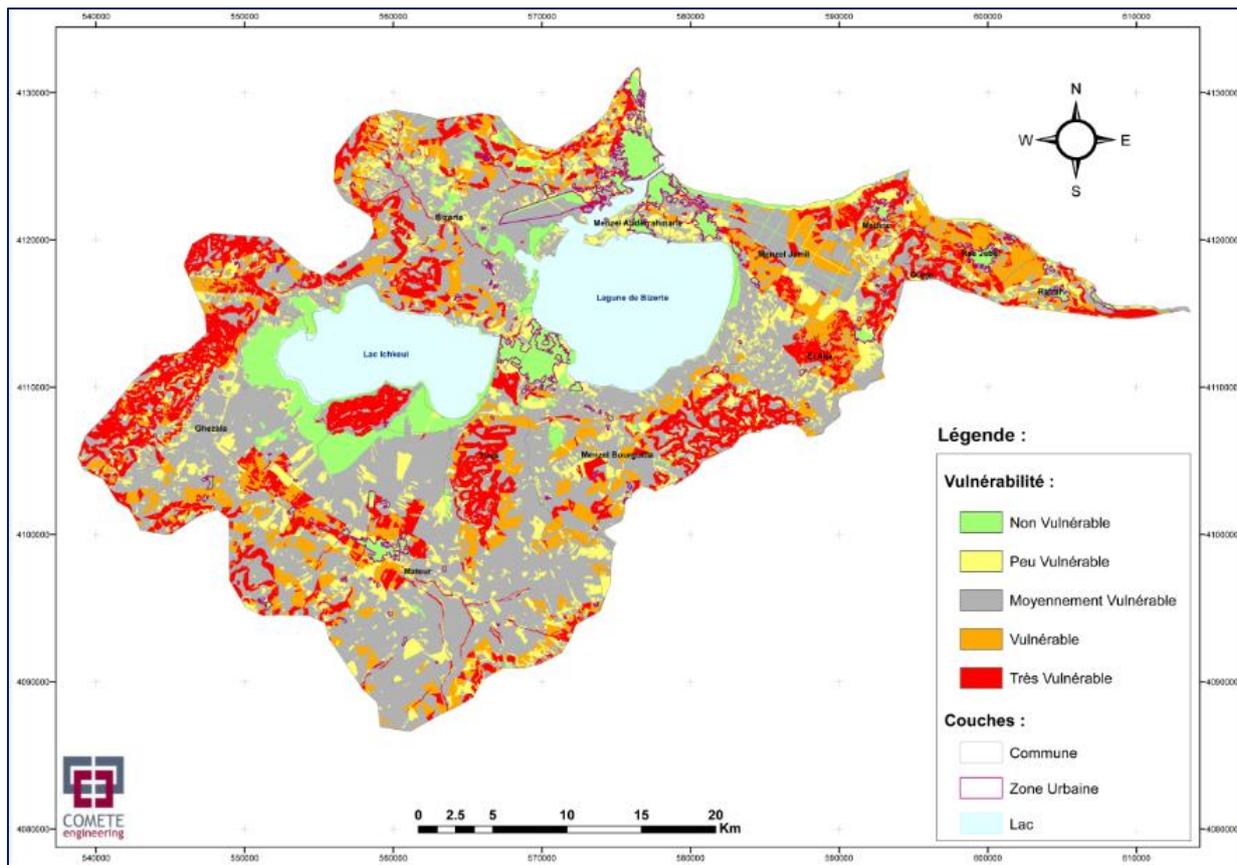
#### 3.6.2.1 Perturbations observées et prévisibles

Le changement climatique modifie le cadre de vie. La concentration de chaleur dans les villes s'accroît, les événements extrêmes se multiplient, menaçant de plus en plus les constructions et les infrastructures. Les conflits liés aux ressources naturelles s'aggravent.

L'aménagement du territoire doit proposer des solutions surtout là où les conséquences du changement climatique peuvent exercer une influence directe sur l'utilisation et le développement du territoire. Les défis qui se posent diffèrent selon les territoires :

- Les vagues de chaleur augmentent et portent atteinte à la qualité de vie dans les villes et les agglomérations ;
- Les risques dus aux événements extrêmes s'accroissent, Ces risques se résument essentiellement dans la canicule, la perte humaine, la sécheresse et les incendies ;
- Aggravation des conflits liés aux ressources naturelles (eau, sol) ;

La ville de Bizerte, est un territoire qui a été fortement touché par ces impacts et a connu donc le phénomène de l'îlot urbain.



**Figure 30.** Carte de la vulnérabilité du bassin versant et des zones urbaines limitrophes aux feux de forêts

L'apparition d'un îlot de chaleur urbain, est assez prononcée dans la ville de Bizerte. Cet îlot de chaleur urbain se manifeste par un surplus de chaleur qui s'accroît à mesure qu'on s'approche du centre-ville, par rapport aux zones limitrophes où le bâti est quasiment absent. Cette disposition contribue au renforcement des risques de chaleur au cours de la saison chaude, dont les principales incidences catastrophiques ont été signalées précédemment.

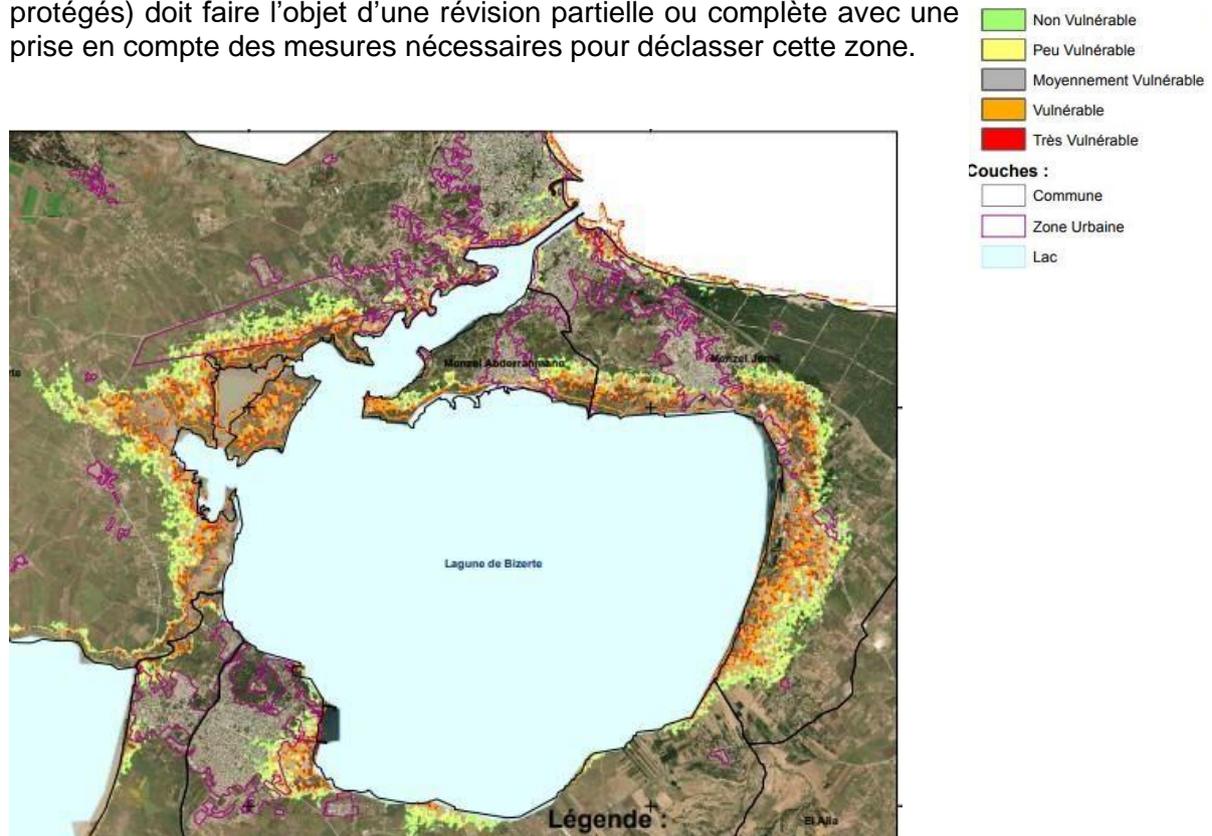
### 3.6.2.2 Solutions proposées

#### **a. Protection de la zone de Laazib**

La zone de Laazib est une zone vulnérable aux plans écologique (salinisation), environnemental (développement des espèces invasives dangereuses qui constituent une véritable menace à la flore naturelle autochtone) et urbain (inondation). Actuellement, la protection de ce territoire fragilisé, s'avère de plus en plus nécessaire.

Cette zone située à l'Est de la lagune accueille aussi la zone industrielle de Menzel Jemil qui s'étend en Nord-Sud en bordure de la lagune, dans une zone de sebkha largement vulnérable à l'élévation accélérée du niveau moyen de la mer à l'avenir.

Il serait question de classer cette zone dans un Périmètre de Protection et de Mise en Valeur (PPMV). Dans ce sens, le plan d'aménagement urbain de Menzel Jemil (urbanisation et zone industrielles, espaces protégés) doit faire l'objet d'une révision partielle ou complète avec une prise en compte des mesures nécessaires pour déclasser cette zone.



**Figure 31** : Vulnérabilité à l'EAM de l'écosystème, des agglomérations, des infrastructures et des équipements autour de la Lagune de Bizerte.

### ***b. Freiner le développement urbain anarchique***

L'urbanisation sur les terrains agricoles et les constructions illicites, entraînent une perte de centaines d'hectares de terrains agricoles chaque année. Dans ce cadre, la stratégie envisagée a pour but de :

- Maitriser l'extension des villes et des infrastructures en respectant les plans d'urbanisation ;
- Etablir des zones protégées et des limites d'urbanisation afin de parvenir à des espaces préservés, des zones urbaines plus denses et des zones agricoles desservies en infrastructures ;
- Lutte contre l'urbanisation informelle en répondant aux besoins de logement des populations ;

Dans cette optique, les actions prévues sont :

- La maitrise de l'extension urbaine à travers le classement de la zone agricole comme une zone d'interdiction à l'urbanisation, la création d'un obstacle physique, et l'implication des responsables territoriaux (communes, gouvernorat...) ;
- La mise en application des outils disponibles dont les PPMV afin de répondre aux besoins des grands projets futurs ;
- Le suivi et le contrôle de l'exploitation des espaces à grande valeur environnementale ;

- La dépollution de tous les sites pollués, le transfert (délocalisation) des activités les plus polluantes, le prétraitement des rejets polluants, etc. ;
- La requalification urbaine avec une restauration et une mise en valeur adéquate du patrimoine.

#### ***c. Promouvoir l'activité du port de Menzel Abderrahman***

En rapport avec le projet d'extension et d'aménagement du port de pêche de Menzel Abderrahmane, il serait question de rendre ce port unique de la lagune plus accessible pour les usagers du plan d'eau, pêcheurs et aquaculteurs. En particulier, le site conchylicole de Menzel Jemil mérite une route périphérique qui lui permettra de rayonner dans toute la région.

#### ***d. Pont de Bizerte***

Le projet du nouveau pont de Bizerte permettra de desservir Menzel Abderrahmane, désenclaver les berges du lac et faciliter les accès.

Même si l'ancien pont est certifié pour être pleinement fonctionnel et sécurisé jusqu'en 2025, malgré un trafic dense, la municipalité de Bizerte a pris des mesures urgentes en interdisant plusieurs catégories de véhicules de traverser le pont, en réponse aux embouteillages persistants. Cette décision vise à atténuer les problèmes les plus pressants, en particulier ceux causés par les camions.

Il est donc crucial d'envisager des solutions alternatives pour minimiser les perturbations causées essentiellement par le soulèvement du pont, comme la mise en place d'un système de régulation du trafic ou la construction d'un nouveau pont pour décongestionner le trafic sur cette boucle interurbaine. Les coûts de ces mesures seront élevés, mais les bénéfices pour la fluidité de la circulation et le développement économique de la région seront considérables. Il est temps d'agir pour résoudre ce problème récurrent qui freine la croissance et la prospérité de la région d'étude.

Dans ce contexte le nouveau pont devra permettre de pallier ces problèmes et d'améliorer l'accessibilité de cette capitale régionale. La construction d'un deuxième pont mobile à Bizerte permettra non seulement le développement de la cité de Bizerte, mais aussi toute la région.

#### ***e. Activité industrielle***

De par l'importance du poids et de la présence des activités industrielles à Bizerte d'une manière générale et aux alentours du complexe lagunaire d'une manière spécifique, l'aménagement du territoire y lié mérite une attention particulière.

En pratique, c'est la zone industrielle de Menzel Jemil bordant la lagune à l'Est, qui serait menacée par les risques de changement climatique. Comme mentionné dans ce rapport, il serait judicieux d'arrêter l'expansion "anarchique" de cette zone industrielle et de délocaliser les entreprises déjà installées entre la route nationale n°8 et la bordure de cette lagune, en face de la zone d'El Azib.

Il est certain que l'une des meilleures stratégies de lutte contre l'invasion marine liée aux CC est de se mettre en retrait, en altitude, par rapport à la côte. Ceci prévient les délocalisations futures inutiles et à coût de compensation exorbitant avec ou sans autorisation de bâtir (voir Norme NES-5 de la Banque Mondiale).

La mise à niveau environnementale de l'industrie sidérurgique locale, notamment la Société EL Fouladh tout en tenant compte des orientations et projets prévus en la matière par le programme ECOPACT concernant ce complexe industriel.

Les rejets industriels méritent également d'être traités convenablement afin de protéger la lagune de Bizerte. Il est souhaité de créer une station de traitement des eaux usées issues de la société el El Foulafh et de réhabiliter celle de STIR.

La mise en place de corridors biologiques, des aménagements paysagers qui permettent de lutter contre l'érosion de la biodiversité, et au-delà de créer un réseau maillé de voies vertes.

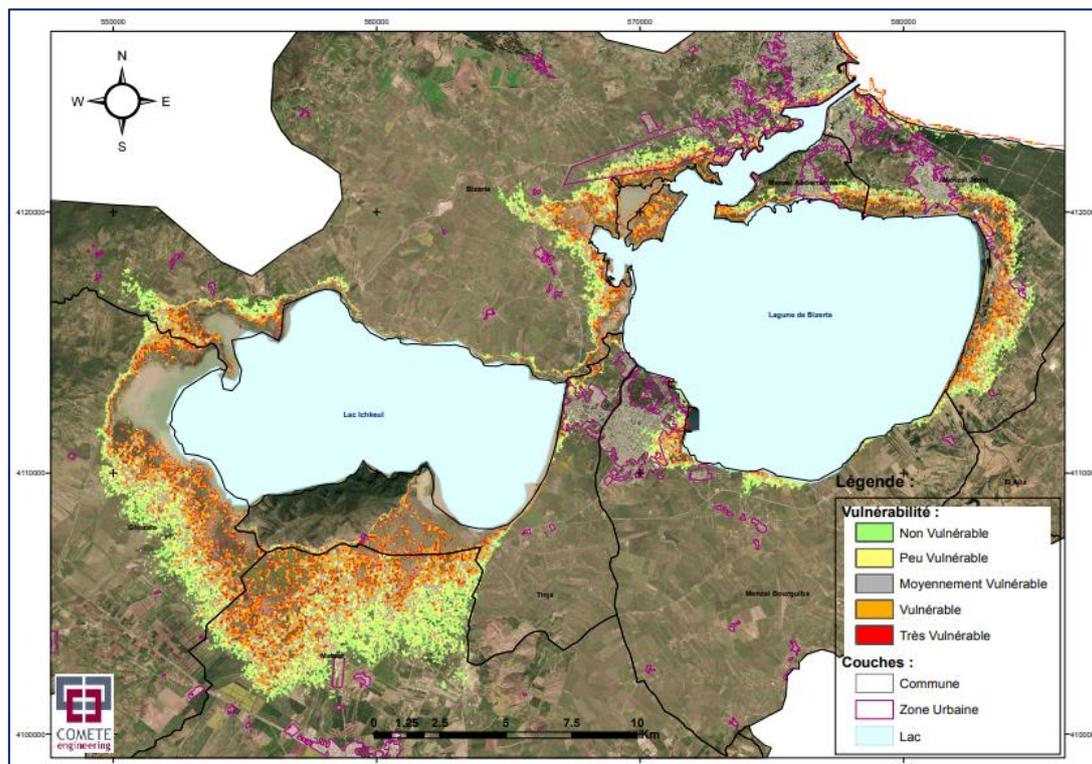
### 3.6.3 Objectif 4.3 : Améliorer le transport et les infrastructures routières

#### 3.6.3.1 Perturbations observées et prévisibles

Les conséquences de l'élévation du niveau de la mer prévue continue, si elles se réalisent, seront graves sur les infrastructures routières.

Les retombées de l'élévation du niveau de la mer se traduisent :

- Par la submersion d'infrastructures, de réseaux et d'installations industrielles sur la côte ;
- Les infrastructures d'évacuation d'eau pluviale et d'assainissement sont sujettes à des retours d'eaux marines dans les conduits ;
- Les nappes phréatiques côtières sont menacées par la salinisation, et les conséquences sociales et économiques peuvent aussi être dramatiques.



**Figure 32.** Projection des classes de vulnérabilité des zones urbaines et agricoles situées autour du système lagunaire (Rapport de la Phase 1.2, COMETE), sur un fond satellitaire de l'USGS. Les zones urbaines sont également indiquées.

### 3.6.3.2 Solutions proposées

#### **a. Mise en valeur de l'accessibilité de la lagune de Bizerte**

L'accessibilité du lac de Bizerte est très contraignante. En effet, l'accès au lac se fait à partir de pistes et de voies non aménagées.

L'idée d'améliorer l'accessibilité au lac de Bizerte est très importante et nécessite des aménagements spécifiques. En effet, pour permettre aux personnes de se déplacer facilement et en toute sécurité vers le lac, il serait nécessaire d'améliorer les pistes et les routes existantes et d'en construire de nouvelles.

Il est important que les pistes et les routes soient plus larges et praticables afin de permettre la circulation des personnes à mobilité réduite, des familles avec des poussettes ainsi que des cyclistes et des piétons.

De plus, il est important de prendre en compte les normes d'accessibilité pour que tout le monde puisse profiter du lac. Ces normes incluent l'accessibilité des personnes à mobilité réduite, mais également la mise en place de panneaux d'information adaptés, d'espaces de repos et de dispositifs de sécurité pour les personnes qui ne peuvent pas nager.

#### **b. Prévoir une voie de contournement**

Le projet de la voie de contournement est une initiative importante visant à améliorer la connectivité entre les trois villes de Menzel Jemil, Menzel Abderrahmane et Menzel Bourguiba, toutes situées sur les rives du lac de Bizerte. La création de cette nouvelle voie permettra de fluidifier la circulation des véhicules, mais aussi de mettre en place des activités respectueuses de l'environnement, tels que des espaces piétons et vélos.

En plus de ces aspects pratiques, le projet aura également un impact positif sur la préservation de l'environnement autour du lac de Bizerte. En effet, la voie de contournement permettra d'empêcher les invasions urbaines et les constructions potentielles qui pourraient dégrader la qualité de l'eau et la biodiversité locale. Elle contribuera donc à la protection de l'écosystème, tout en permettant aux habitants de profiter des richesses naturelles du lac.

Enfin, la voie de contournement jouera un rôle important dans la mise en valeur du lac de Bizerte et de ses environs. Elle offrira des perspectives de vues inédites sur le paysage environnant et permettra d'attirer des touristes soucieux de découvrir des sites naturels préservés. En somme, ce projet ambitieux représente un véritable exemple de développement durable, conciliant l'aspect pratique des infrastructures urbaines avec la préservation de l'environnement et la valorisation des patrimoines naturels.

#### **c. Améliorer les voies d'accès existantes au plan d'eau**

Les voies d'accès directes aux plans d'eau jouent un rôle très important dans le fonctionnement de ces espaces.

Ces voies d'accès garantiront l'accès facile et direct à la lagune de Bizerte part et permettront de promouvoir les activités existantes. Il s'agit donc de réhabiliter et d'aménager toutes les voies menant au lac.

- Réduire les obstacles physiques : il faut s'assurer que les sentiers menant au plan d'eau sont bien entretenus et faciles à emprunter, en supprimant tout ce qui peut entraver le passage, tels que des arbres ou des rochers.

- Prévoir des équipements légers : installer des rampes d'accès, des tables de pique-nique pour encourager les sorties en famille ou entre amis.
- Améliorer les infrastructures : le cas échéant, faciliter l'accès en voiture ou en vélo, et construire des abris pour les visiteurs qui souhaitent se reposer ou se protéger du soleil.

### 3.6.4 Objectif 4.4 : Adaptation du littoral face aux changements climatiques

#### 3.6.4.1 Perturbations observées et prévisibles

Le problème de changements de la ligne de côte de la Lagune de Bizerte et d'attaque littorale liée notamment à l'élévation potentielle du niveau moyen de la mer, été abordé dans le rapport de fin de première partie de l'étude :

- Il a été noté que la ligne de côte de cette lagune n'a pas changé durant les quatre décennies passées (1984-2019) ;
- Au cours des entretiens avec les bénéficiaires du projet, les riverains (agriculteurs, pêcheurs, etc.) et des représentants de la société civile, le problème de menaces possible des CC sur le proche littoral n'ont pas été évoqués par les concernés.
- Il a par contre été constaté que l'aménagement de la zone industrielle de Menzel Jemil jusqu'en bordure Est de la lagune (avec des voies d'accès programmées et deux usines déjà installées), comporte une menace réelle notamment en cas d'élévation attendue du niveau moyen de la mer à l'avenir ;
- Ce littoral Est de la Lagune, mais aussi les marécages situés au Sud du Lac Ichkeul sont également apparus comme étant les plus vulnérables à une élévation du niveau moyen de la mer à l'avenir, comme prouvé par la cartographie du risque de submersion marine potentielle.

Ailleurs en Tunisie, les études et travaux de lutte contre l'invasion marine sont de la responsabilité conjointe de l'APAL pour les études et suivi (voir APAL, 2015), et la protection du Littoral, et de la Direction Générale des Services Aériens et Maritimes (DGSAM) pour les aménagements côtiers. Néanmoins, le long de nombreuses côtes, l'installation de digues de protection sont menées sans études préalables des modèles hydrodynamiques et de transit sédimentaire.

#### 3.6.4.2 Solutions proposées

Pour une meilleure adaptation du littoral aux CC, les recommandations suivantes évolutions possibles sont proposées :

- Aménager, construire et se mettre toujours en retrait par rapport aux zones submersibles côtières** et respecter dans la définition de la cote de nivellement des PAU, l'élévation potentielle locale du niveau moyen de la mer à l'horizon 2100, pour les voies d'accès comme pour tous les réseaux divers (eau, électricité, évacuation des eaux pluviales et des eaux usées domestiques, etc.) ; ce point a été largement discuté avec les autorités communales, notamment à Menzel Jemil et à Bizerte (Mairie).
- En cas de décision de renforcement de la zone côtière par digue ou de la construction d'esplanades côtières élevées et renforcées contre la houle et les vagues**, la simulation hydrodynamique des ouvrages et des modifications dans le transit sédimentaire côtier, devrait être rendue obligatoire (arrêtés communaux, arrêtés ministériels, etc.).
- Les schémas directeurs d'aménagement** : Dans la loi Tunisienne, la mise en œuvre de ces schémas qu'ils soient nationaux ou régionaux, doit être soumise à un décret d'application qui est décidé dans le cadre d'un Conseil ministériel. Or, depuis 2011, les

schémas d'aménagement se sont multipliés sans répondre à cette contrainte réglementaire. Il convient donc de rappeler la nécessité de régulariser et de réviser des schémas directeurs notamment régionaux mais aussi des PAU, pour assurer les conditions d'un aménagement côtier résilient et suffisamment adapté aux risques futurs potentiels liés aux changements climatiques.

### 3.6.5 Objectif 4.5 : Gestion des déchets

#### 3.6.5.1 Perturbations observées et prévisibles

Aujourd'hui, la gestion des déchets ménagers en Tunisie souffre encore de sérieuses défaillances tant au niveau de la gouvernance que de la performance et des résultats. La propreté n'a pas encore atteint les niveaux souhaités par la population et les pouvoirs publics en milieu urbain et beaucoup moins en milieu rural. L'exploitation des installations dédiées aux déchets demeure encore imparfaite. Au même niveau l'intégration des déchets dans les dynamiques de création d'emploi et de richesse à travers particulièrement le recyclage et les différentes formes de valorisation apparaît encore assez embryonnaire malgré les grandes potentialités offertes en la matière.

Malgré les multiples tentatives d'élaboration de programmes et de stratégie dans le domaine de la gestion des déchets, les acteurs impliqués dans le domaine particulièrement les communes ainsi que les investisseurs potentiels ne perçoivent pas de manière évidente et concrète la vision, les orientations et les objectifs qui doivent conduire leurs démarches vers une gestion intégrée, durable et surtout performante dans le domaine.

Sur un autre plan, nous observons aujourd'hui que ce soit à Bizerte ou dans l'ensemble des communes de Tunisie une opposition entre l'approche développée par le Ministère de l'intérieur et les communes et celle développée par le Ministère de l'environnement. Nous trouvons, en effet, d'un côté l'ANGed en charge de la mise en œuvre des nouvelles composantes annoncées dans la loi sur les déchets et particulièrement la gestion des décharges contrôlées et la valorisation de certains déchets à travers les nouvelles filières et de l'autre côté les communes responsables de la collecte et le transport des déchets vers les centres de transfert et les nouvelles décharges. Cette situation s'est traduite par la segmentation du processus de gestion des déchets et la répartition des rôles entre deux acteurs différents. La gestion des déchets ménagers se trouve ainsi détachée de toute politique de promotion de l'économie verte et du développement durable d'une manière générale. Elle n'a pas favorisé l'émergence d'un secteur privé performant qui jouerait son rôle de réel partenaire dans le domaine de la gestion des déchets ménagers. En revanche, nous observons un développement important d'un secteur informel qui s'implique de plus en plus dans les opérations de tri et même de recyclage de certains types de déchets.

Bien que la réduction des déchets constitue l'objectif premier de la gestion des déchets telle que mentionnée dans la loi sur les déchets de 1996, il n'existe aucune vision ni programme dans ce sens.

A part quelques expériences pilotes, la valorisation des déchets organiques demeure très faible. Seul le recyclage de certains produits est pratiqué dans la région de Bizerte ; le caractère informel dans ce secteur demeure toutefois important.

Près de 70% des déchets ménagers collectés à l'échelle de la région sont aujourd'hui enfouis dans la décharge contrôlée.

La gestion des déchets ménagers demeure toutefois handicapée par le fait qu'elle ne s'appuie pas sur le principe pollueur payeur. Le producteur de déchets, quelle que soit sa nature,

ménages, ou autres, ne paie pas le vrai prix du service qui lui est du sur la base de la quantité et de la nature des déchets qu'il génère.

Le citoyen n'assume pas pleinement son rôle dans le domaine de la gestion des déchets et jette souvent la responsabilité totale sur les pouvoirs communaux. La relation conflictuelle causée par l'absence de citoyenneté et de démocratie locale, n'a pas favorisé l'émergence d'un partenariat réel entre la population et la commune au niveau de la gestion des déchets. La communication, menée jusqu'à maintenant de manière ponctuelle, saisonnière et isolée, n'a pas apporté une contribution notable ni à la compréhension des aspects de la GDMA, ni aux changements de **comportement** souhaité.

### 3.6.5.2 Solutions proposées

A l'instar des différentes approches développées sur le plan national et sur la base d'un diagnostic pratiquement commun, les responsables municipaux et autres dans la région de Bizerte s'accordent autour d'une vision commune en matière de gestion des déchets. Celle-ci doit « **Promouvoir une gestion intégrée des déchets ménagers et assimilés, dans le cadre d'une économie circulaire, tout en s'appuyant sur des communes performantes actives dans une logique d'intercommunalité en vue de protéger l'environnement et de rehausser le cadre de vie** ».

Cette vision se construit autour de cinq piliers essentiels :

- **La promotion d'une gestion intégrée mettant fin aux pratiques sectorielles et appuyée sur une approche multisectorielle**, globale et qui prends en compte de manière simultanée l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur et les différents aspects technique, financier et institutionnel ;
- **L'intégration de la gestion des déchets ménagers dans le processus de l'économie circulaire**. L'objectif est de réduire la consommation de ressources naturelles en concevant des modèles de production et de consommation « régénératifs », c'est-à-dire permettant de maintenir le plus longtemps possible la valeur ajoutée des matières et produits dans l'économie, et de « boucler » au mieux les flux de matières et de réduire par conséquent les quantités de déchets produits.
- **Le renforcement des capacités et le développement des moyens humains, techniques et financiers des municipalités**, acteur principal de la gestion des déchets ménagers et garant de l'intégration du processus. Favoriser dans ce cadre la promotion d'une gestion intercommunale des déchets au sein de structures nouvelles.
- **La protection de l'environnement et particulièrement les ressources naturelles et les milieux** à travers la réduction des pressions engendrées par les déchets ménagers tout le long de la chaîne, particulièrement lors de la collecte et l'enfouissement.
- **L'amélioration de la qualité de la vie, particulièrement en milieu urbain**, aujourd'hui très souvent dégradée à cause d'une gestion inappropriée des déchets ménagers et source d'entraves au développement socioéconomique.

Pratiquement, il est à constater que sur le plan technique le projet EcoPact est engagé dans une action de réhabilitation de la décharge de Menzel Bourguiba et son insertion dans le cadre naturel de la région.

Sur le plan institutionnel, un projet de création d'une agence intercommunale des déchets mangers est en cours, celle-ci vise à instaurer dans le cadre d'une démarche collective le tri les déchets, leur valorisation et par conséquent la promotion d'une économie circulaire autour des déchets dans la région.

### 3.7 Axe stratégique 5 : Mise en œuvre d'une gouvernance moderne adaptée aux caractéristiques et aux défis de la région et qui soit ancrée dans le territoire

#### 3.7.1 Objectif 5.1 : Promouvoir une gestion rapprochée et concertée entre les différents intervenants dans la région

Les actions préconisées à travers l'ensemble des axes stratégiques défis et proposés sont tellement diversifiées, disparates et multi-acteurs qu'elles nécessitent dans leur mise en œuvre une modalité de gouvernance appropriée qui offrirait les meilleures conditions pour la réussite et la durabilité de tout ce qui sera entrepris.

Cette partie sera détaillée dans la prochaine phase de l'étude. Nous pouvons seulement, annoncer à ce stade et comme suggéré dans les termes de références, qu'une dynamique intercommunale est indispensable pour assurer et garantir la faisabilité de ce qui est programmé. Un rapprochement entre les différents acteurs locaux et régionaux sera effectué dans la prochaine phase de l'étude pour approfondir la concertation et décider conjointement de la nature du dispositif qui sera développé en vue d'assurer la gouvernance appropriée.

#### 3.7.2 Objectif 5.2 : Développer une communication spécifique orientée vers les principaux acteurs actifs et influents dans la région en matière d'adaptation aux changements climatiques

Communiquer sur les changements climatiques, c'est éduquer les publics et les inciter à agir pour lutter contre la crise climatique. **Tout le monde peut jouer un rôle en faisant entendre sa voix, en partageant des solutions et en plaidant pour le changement** et ce en s'appuyant sur des connaissances et des expériences réussies de par le Monde.

Une stratégie de communication autour des changements climatiques et plus particulièrement dans une région comme Bizerte faisant appel à l'adaptation des acteurs aux effets des changements climatiques pourrait se structurer autour des principales orientations suivantes :

- I. Amener les cibles à changer d'attitudes vis-à-vis des changements du climat en améliorant leur niveau de connaissance des mesures d'adaptation et en s'appuyant sur le potentiel local de mobilisation ;
- II. Amener les cibles à abandonner les pratiques peu favorables à l'adaptation aux CC en s'appuyant sur leur connaissance des effets de ces changements et sur les mécanismes et acteurs favorables disponibles ;
- III. Mettre en place un système d'information et de communication permettant de documenter et de diffuser les leçons apprises et les bonnes pratiques des activités pilotes d'adaptation aux effets des CC.

De ces trois axes fondamentaux, émergent des éléments essentiels qu'il y a lieu de préciser, définir et mettre en œuvre pour assurer une mise en application convenable et efficace de la communication.

1. Identification des cibles sur lesquelles il y a lieu de travailler et à communiquer dorénavant en matière d'adaptation aux changements climatiques. A première vue, il s'agit en premier des acteurs qui subiront les effets des changements climatiques et en deuxième lieu ceux qui créent les conditions pour une meilleure adaptation. Nous

pensons aux acteurs économiques, à leur tête les agriculteurs, les pêcheurs, les conchyliculteurs mais aussi tous ceux qui sont en charge des autres activités telles que les industriels, les gestionnaires du secteur touristique, mais aussi les responsables du BTP et particulièrement les aménageurs.

2. A côté des acteurs économiques cibles, un intérêt particulier sera également accordé aux acteurs influents en matière de décision et d'orientations au niveau de la région, il s'agit à ce titre de l'administration régionale, des collectivités locales, les organisations de la société civile et des députés.
3. Elaboration des produits et des messages de communication. Ceux-ci seront élaborés sur la base des connaissances, des expériences et des leçons. Les connaissances concerneront tous les aspects en relation avec les changements climatiques, leurs impacts mais aussi les modalités d'adaptation à préconiser. Les bonnes pratiques ainsi que les pratiques peu favorables seront cataloguées en vue de les traduire en langage de communication et les diffuser auprès des différentes cibles.
4. Identification des canaux de communication : les médias régionaux et locaux, les établissements scolaires ainsi que les OSC constitueraient les meilleurs canaux pour véhiculer les messages et les produits à élaborer.
5. Un centre de gestion des connaissances relatives à l'adaptation aux changements climatiques dans la région de Bizerte constituerait une base de stockage, de développement, de diffusion et de partage des données, des informations et des connaissances dans le domaine. Ce centre pourrait se positionner au sein de l'observatoire de suivi environnemental et d'adaptation aux changements climatiques. Qui a été officiellement établi en 2005. Sa mission principale est de surveiller et évaluer l'état de l'environnement tunisien, en mettant en place des actions visant à préserver et améliorer la qualité de l'environnement. Il s'emploie à collecter une diversité de données environnementales à partir de diverses sources, qu'il analyse rigoureusement afin de fournir des informations actualisées et pertinentes aux autorités publiques, aux institutions et au grand public. Doté de moyens techniques avancés, tels que des équipements de collecte de données, des laboratoires d'analyse, des systèmes d'information géographique et des technologies de surveillance, l'observatoire bénéficie d'un financement provenant de sources publiques, de partenariats avec des organisations internationales, de subventions gouvernementales et, potentiellement, de contributions du secteur privé. Son équipe multidisciplinaire d'experts spécialisés œuvre dans divers domaines environnementaux, assurant la qualité et la diversité des analyses. Placé sous la tutelle du ministère de l'Environnement et avec une gouvernance supervisée par un conseil d'administration, l'observatoire s'engage dans des actions passées, présentes et à venir, telles que la sensibilisation, l'élaboration de rapports et le renforcement de la collaboration régionale. Envisageant une expansion de ses activités à l'échelle locale, il prévoit soit d'établir une antenne locale, soit de désigner un responsable local à temps partiel pour mieux répondre aux enjeux environnementaux spécifiques de chaque région.

Ces différents éléments seront développés en harmonie avec doivent les actions de communication actuellement menées par Ecopact qui incluent des initiatives visant à sensibiliser et informer les principaux acteurs actifs et influents dans la région en matière d'adaptation aux changements climatiques. Celles-ci consistent en des campagnes de sensibilisation, des ateliers de formation, des séminaires, des publications régulières, des conférences et des réunions de travail. Ces actions cherchent à éduquer ces acteurs sur les

défis du changement climatique et à promouvoir l'engagement et la collaboration pour des solutions durables.

### **3.7.3 Objectif 5.3 : Favoriser les conditions pour une meilleure résilience des femmes aux changements climatiques dans la région**

La crise climatique n'est pas « neutre en termes de genre ». Les femmes et les filles subissent les répercussions les plus importantes des changements climatiques, qui amplifient les inégalités entre les sexes et constituent une menace sans précédent sur leurs moyens de subsistance, leur santé et leur sécurité.

Dans le monde entier, les femmes dépendent davantage des ressources naturelles, mais y ont moins accès. Dans de nombreuses régions, les femmes assument une responsabilité disproportionnée dans l'approvisionnement en nourriture, en eau et en combustibles. L'agriculture est le secteur d'emploi le plus important pour les femmes dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Pendant les périodes de sécheresse et de précipitations irrégulières, les femmes, en tant qu'employées agricoles et personnes principalement en charge des achats, travaillent plus dur pour assurer les revenus et les ressources de leur famille. Ceci entraîne une pression supplémentaire sur les filles, qui doivent souvent quitter l'école pour aider leurs mères à gérer la charge accrue surtout à domicile.

Ceci est le cas en Tunisie et dans la région de Bizerte, l'activité agricole en termes de main d'œuvre, est dominée par les femmes. Celles-ci assurent la quasi-totalité des tâches quotidiennes qui risquent en raison des changements climatiques de devenir plus complexe et plus laborieuses, avec souvent des accès plus difficiles aux ressources naturelles.

C'est aussi dans ce sens que la Tunisie a dernièrement mis en place la stratégie nationale " femme et changements climatiques. Cette stratégie vise à réduire l'impact de ces changements sur les femmes, plus particulièrement en milieu rural et à renforcer leur autonomisation économique surtout qu'elles sont parmi les catégories les plus touchées par la précarité économique et sociale. La stratégie en question est mise en œuvre en partenariat avec le ministère de l'environnement et le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD).

Les femmes en milieu rural représentent plus de 70% de la main d'œuvre dans le secteur agricole alors qu'elles ne représentent que 15% des employés permanents et 8% des employeurs.

Parallèlement à cette stratégie, il faut signaler que le ministère de l'environnement poursuit la création des groupements féminins de développement pour lesquels un budget de 1,5 million de dinars a été réservé afin de créer une dizaine de groupements en 2023.

Des programmes spécifiques en déclinaison de la stratégie nationale doivent être définis dans la région de Bizerte et mis en œuvre afin d'accompagner ces femmes dans leurs nouvelles conditions de travail et de gestion de leurs milieux.

### **3.7.4 Objectif 5.4 : Mise en place d'un programme de suivi environnemental**

#### **3.7.4.1 Besoins d'un suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul**

Le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul comme montré dans les parties précédentes de l'étude, est constitué par un ensemble d'unités naturelles et écologiques en interrelation les unes avec les autres tout en étant sous la pression de multiples activités humaines qui influent et

transforment l'état des composantes naturelles ainsi que les connexions qu'elles établissent entre elles. Les fonctions écosystémiques des différentes composantes naturelles ainsi que les services qu'elles rendent aux populations, se trouvent également souvent perturbées dans cette dynamique par les pressions subies.

En effet, pas moins de quatre aspects fondamentaux conditionnent aujourd'hui le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul au niveau de son fonctionnement mais aussi au niveau de la performance des services rendus dans le cadre des activités socioéconomiques menées dans la région :

- I) L'état des composantes naturelles et des différents écosystèmes sur le plan quantitatif et qualitatif,
- II) La nature et la dimension des pressions exercées sur les composantes naturelles à travers particulièrement l'exploitation renforcée des ressources naturelles et des produits des différents milieux mais aussi à travers le rejet d'effluents dans le milieu et sa dégradation,
- III) La nature et la performance des réponses apportées par la société et ses différents acteurs pour remédier à certaines situations ou les corriger à travers l'amélioration de l'état de l'environnement ou bien à travers la réduction des pressions exercées sur cet environnement,
- IV) Les effets de plus en plus visibles des changements climatiques sur les écosystèmes et les activités qui leur sont associées.

Tous ces aspects pris séparément, mais surtout observés et examinés de manière intégrée et systémique, sont en évolution continue avec des tendances variables d'une composante à une autre. Les variations observées au niveau des différentes composantes constitutives de l'écosystème seront certainement déterminantes dans les équilibres partiels mais aussi au niveau de l'équilibre global de la zone d'étude, de son fonctionnement et de ses performances naturelles et socioéconomiques futures.

Il est très important et utile d'observer régulièrement ces évolutions afin de prédire les résultats et les conséquences des changements attendus du climat et de prévenir leurs effets en apportant les corrections et les réponses qui s'imposent. La conception et la mise en place d'un système de suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul au sens large du terme apparaît ainsi comme une intervention fondamentale à programmer dans une démarche stratégique de protection de la région et de préservation de ses différents services écosystémiques en tenant compte des prévisions concernant les aléas actuels mais aussi ceux qui viendraient à émerger par l'action des changements du climat.

Le modèle que nous utilisons dans le cadre du programme de suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul est celui développé par l'OCDE et connu sous le nom de référentiel PER, Pression-Etat-Réponse.

#### 3.7.4.2 Modèle Pression-Etat-Réponse

Le modèle **Pression-Etat-Réponse**, **PER**, est un modèle économique développé par l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, OCDE et adopté par de nombreuses agences dans le monde. Il a pour objectif d'analyser la situation de l'environnement et plus particulièrement les ressources naturelles et les milieux dans le cadre d'une interaction systémique qui relie ce capital naturel aux activités humaines qui lui sont soumises tout en évaluant les réponses ou l'ensemble des activités engagées par la société

tout entière pour améliorer l'état de ce capital naturel et/ou réduire les pressions qui pèsent sur lui.

Le modèle PER repose sur l'idée que les activités humaines exercent des **Pressions** sur l'environnement et affectent sa qualité et la quantité des ressources naturelles et des milieux qui le constituent (**Etat**) ; la société dans toutes ses composantes, principalement publiques et privées, répond à ces changements à travers des **Réponses** en adoptant des politiques environnementales, économiques et sectorielles, sur la base d'une prise de conscience des changements intervenus dans l'environnement et dans le but d'assurer sa préservation et sa pérennité.

Le modèle PER met ainsi en évidence les liens et l'interdépendance entre les différentes questions environnementales, sociales et économiques. L'illustration suivante schématise le principe de ce modèle.

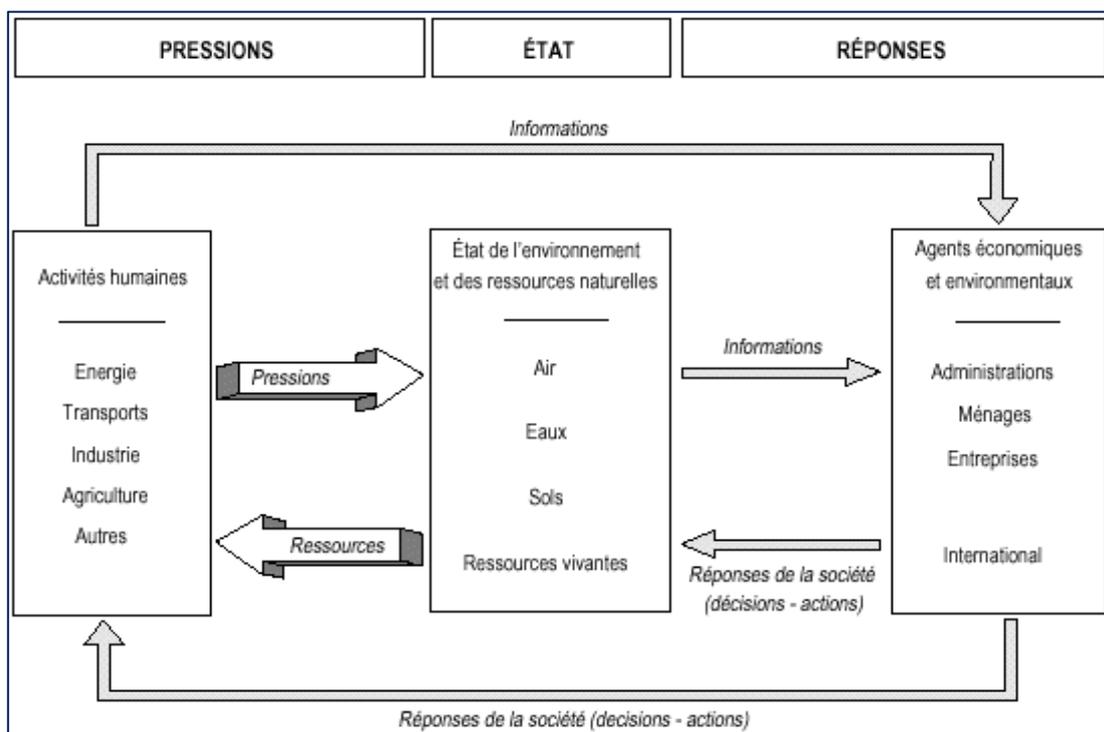


Figure 33. Diagramme des interactions dans le cadre du modèle PER

Ce modèle est décliné de manière concrète en indicateurs d'Etat, de Pression et de Réponse. Il a constitué souvent le cadre d'identification et de choix des indicateurs de l'environnement dans les différentes productions nationales et particulièrement celles de l'OTED au niveau des rapports sur l'état de l'environnement et les différents guides sectoriels sur la durabilité des activités économiques.

Le travail développé par l'OCDE en matière d'indicateurs visait essentiellement trois objectifs fondamentaux : I) Suivre les progrès réalisés en matière d'environnement ; II) Veiller à la prise en compte des préoccupations environnementales lors de l'élaboration et la mise en œuvre de politiques sectorielles ; III) Promouvoir l'intégration des préoccupations environnementales dans les politiques économiques, notamment par l'établissement d'une comptabilité environnementale.

Le modèle PER caractérise ainsi et particulièrement à travers les indicateurs retenus, leur calcul et leur suivi, les pressions exercées sur l'environnement, les conditions de cet

environnement, dans ses différentes composantes, en termes d'état quantitatif et qualitatif ainsi que les réponses de la société entière pour faire face à ces pressions et corriger l'état de l'environnement. Les indicateurs choisis dans ce sens traduisent ce qui suit :

- **Les indicateurs de Pressions** : ils décrivent les pressions exercées par les activités humaines sur l'environnement, y compris les ressources naturelles. Deux types de pressions sont caractérisés, les pressions indirectes et directes. Les indicateurs de pressions reflètent les intensités d'émission ou d'utilisation des ressources et leurs tendances ainsi que leurs évolutions sur une période donnée.
- **Les indicateurs d'Etat** (ou indicateurs des conditions environnementales) : ils concernent la qualité de l'environnement ainsi que la qualité et la quantité de ressources naturelles. Ils donnent une image de l'ensemble de l'état de l'environnement et de son évolution dans le temps.
- **Les indicateurs des Réponses de la société** : ils reflètent l'implication de la société à répondre aux préoccupations liées à l'environnement. Les actions et réactions individuelles et collectives (actions publiques – actions privées) sont de plusieurs ordres : atténuer ou éviter les effets négatifs des activités humaines sur l'environnement ; mettre un terme aux dégradations déjà infligées à l'environnement ou chercher à y remédier ; protéger la nature et les ressources naturelles. Les dépenses de protection de l'environnement, les taxes, les subventions, la réglementation, les taux de réduction des pollutions en sont des exemples.

#### 3.7.4.3 Périmètre et domaines du programme de suivi

Le suivi environnemental et comme déjà annoncé, couvrira simultanément et de manière systémique aussi bien les composantes naturelles que les composantes socioéconomiques. Pour cela nous proposerons une batterie d'indicateurs qui illustreront :

- i. L'état des ressources naturelles, des milieux et des écosystèmes et ce sur les plans qualitatifs que quantitatifs et plus particulièrement les eaux superficielles et souterraines, les systèmes lagunaires et la biodiversité.
- ii. La nature et la dimension des services rendus par les écosystèmes au niveau des activités socioéconomiques correspondantes tels que les produits de l'agriculture, de la pêche et de la conchyliculture.
- iii. La nature et la dimension des pressions que les activités humaines exercent sur les ressources naturelles, les milieux et les écosystèmes. Nous nous intéresserons à ce niveau particulièrement à l'agriculture, la pêche, l'industrie et la production des nuisances d'une manière générale telles que les déchets et les eaux usées.
- iv. La performance des programmes et des actions menés pour améliorer l'état des ressources naturelles et des milieux et/ou réduire les pressions exercées sur les ressources naturelles et les milieux, tels que particulièrement la gestion des déchets, la lutte contre les pollutions, la gestion des eaux.
- v. L'évolution du climat dans la région à travers particulièrement le suivi de la température et des précipitations ainsi que les effets engendrés par ces évolutions.

Les indicateurs choisis et proposés doivent également apporter des informations sur les évolutions observées au niveau des 5 axes stratégiques retenus que nous rappelons brièvement :

- Axe stratégique 1 : Réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.
- Axe stratégique 2 : Développement des capacités de gestion des conflits autour des ressources en eau.
- Axe stratégique 3 : Renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques.

- Axe stratégique 4 : Promotion d'un aménagement du territoire harmonieux compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région.
- Axe stratégique 5 : Mise en œuvre d'une gouvernance moderne adaptée aux caractéristiques et aux défis de la région et qui soit ancrée dans le territoire.

Nous résumons dans le tableau qui suit les domaines retenus ainsi que les indicateurs pour un suivi environnemental de la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul dans son interaction avec les activités socioéconomiques dans une dynamique de mutation sous les effets des changements climatiques.

Le tableau est structuré en trois domaines essentiels, l'environnemental, le socioéconomique et celui en relation avec les changements climatiques. Chaque domaine est subdivisé en composantes et sous-composantes auxquelles nous faisons correspondre des indicateurs de suivi. Nous indiquons également la structure en charge de la production de l'indicateur ainsi que la périodicité de calcul de l'indicateur.

**Tableau 14.** Domaines et indicateurs retenus pour un suivi environnemental du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul dans son interaction avec les activités socioéconomiques dans une dynamique de mutation sous les effets des changements du climat

Domaine de suivi	Composante	Sous composante	Indicateurs	Structure en charge du calcul de l'indicateur	Périodicité
Environnement	Les eaux	Eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité des eaux dans les barrages</li> <li>• Salinité des eaux par ouvrage de retenue</li> <li>• Niveau d'envasement observé dans les différents barrages</li> </ul>	CRDA	Trimestrielle
		Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau piézométrique des principales nappes.</li> <li>• Quantités d'eaux souterraines renouvelables exploitables</li> <li>• Salinité des eaux par nappes</li> <li>• Teneur en nitrate par nappe</li> </ul>	CRDA	Annuelle
		Eaux non conventionnelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume d'eaux non conventionnelles produit dans le gouvernorat de Bizerte, eaux usées traitées et eaux dessalées</li> </ul>	ONAS SONEDE	Annuelle
	Le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul	Le lac de Bizerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La température des eaux</li> </ul>	ANPE CRDA	Trimestrielle
		Le lac Ichkeul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La salinité des eaux</li> <li>• Nombre d'oiseaux migrateurs recensés</li> <li>• Allocation annuelle d'eau douce au lac Ichkeul</li> </ul>	CRDA AAO	Annuelle
	La biodiversité	La diversité écosystémique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appréciation de l'état de santé des principaux écosystèmes de la région.</li> </ul>	CRDA	Semestrielle
		La diversité spécifique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventaire et niveau d'expansion des espèces exogènes invasives</li> </ul>	CRDA DGPA	Semestrielle

Domaine de suivi	Composante	Sous composante	Indicateurs	Structure en charge du calcul de l'indicateur	Périodicité
Activités socioéconomique	L'agriculture	Résilience et de adaptation l'agriculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface en irriguée exploitée annuellement</li> <li>• Rendement des céréalicultures à l'hectare</li> <li>• Production moyenne d'huile d'olive à l'hectare</li> </ul>	CRDA	Annuelle
	La pêche	Captures de pêche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de prise au niveau de la lagune de Bizerte</li> <li>• Part des espèces exotiques par rapport aux quantités de prises totales</li> </ul>		Annuelle
	La conchyliculture	Produits de l'élevage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de la production conchylicole dans la lagune</li> </ul>		Annuelle
	Le tourisme	Produits touristique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de projets de tourisme alternatif crée dans la région</li> <li>• Nombre de nuitées passées dans la région</li> </ul>	ONTT Gouvernorat	Annuelle
Changements climatiques	Le complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul	Le lac de Bizerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température</li> <li>• Précipitation</li> </ul>	INM	Mensuelle
		Le lac Ichkeul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau de la mer</li> </ul>	INSTM	Annuelle

### 3.7.4.4 Programme de suivi des fonctions écosystémiques marines du complexe lagunaire

A travers le suivi environnemental, les gestionnaires locaux du complexe canal de navigation lac de Bizerte –oued Tinja- lac Ichkeul (collectivités, associations, etc.) devront œuvrer pour le maintien ou l'atteinte du bon état de cet écosystème, soit le fonctionnement écologique équilibré du milieu et la restauration des éventuelles dégradations des peuplements ou des habitats.

Le suivi à caractère scientifique à connotation environnementale devra être conçu et planifié entre le gestionnaire et le scientifique. La conception est une étape clé qui identifie et priorise les suivis envisagés, en tenant compte des objectifs clairs, des ressources disponibles et des contraintes. Pour le cas du complexe canal de navigation lagune de Bizerte –oued Tinja- lac Ichkeul, nous pouvons spécifier les suivis suivants :

- L'hydrodynamisme régissant les échanges et renouvellement des eaux ;
- La qualité des eaux et des sédiments ;
- L'eutrophisation et le phytoplancton ;
- La biodiversité et les habitats ;
- Les recrutements des alevins ;
- Les espèces exotiques et le biofouling ;
- L'anthropisation du milieu, pollution des déchets solides et des micro plastiques.

A titre préliminaire nous pouvons établir la démarche détaillée dans le tableau suivant :

**Tableau 15.** Programme et activités de suivi proposées pour le maintien des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire de l'étude, face aux changements attendus du climat

Compartiments	Stations de mesure	Paramètres	Méthodes	Fréquence
<b>Hydrodynamisme échanges et renouvellement des eaux</b>	Canal de Bizerte Embouchure O Tinja Ecluses Tinja	Niveau d'eau Courant Débit Marnage	Mire Courantomètre Calcul Marégraphe	Saisonnière Ciblé
<b>Qualité des eaux,</b>	Station de mesure identifiées*	Température Salinité Oxygène dissous, pH, Transparence Nutriments : azote, phosphore, silicium	Analyses standard	Mensuelle Ciblé
<b>Qualité des sédiments,</b>	Station de mesure identifiées*	Granulométrie Taux : matière organique/minérale	Analyses standard	Mensuelle Ciblé
<b>Eutrophisation et phytoplancton</b>	Station de mesure identifiées* Eaux de ballast	Chlorophylle a Suivi du phytoplancton	Fluorométrie Identification et comptage	Saisonnière Ciblé
<b>Biodiversité et Habitats</b>	Station de mesure identifiées*	Inventaires de la biodiversité Changement de superficie Submersion Envasement	Macrofaune : échantillonnage, indices écologiques Macroflore : recouvrement, densité, biomasse	Saisonnière Ciblé
<b>Recrutements migrations</b>	Ecluse et bordigue Ichkeul	Alevins, juvéniles et adultes de poissons	Pêche test	Saisonnière Ciblé
<b>Pollution / Anthropisation</b>	Station de mesure identifiées*	Métaux traces	Analyses spécifiques	Annuelle Ciblé
<b>Espèces exotiques Biofouling</b>	Ecosystème entier Parcs conchylicoles Structure portuaires	Apparition Installation d'espèces	Surveillance continue Enquêtes	Continue
<b>Macro et Micro-déchets (Micro- plastiques)</b>	Ecosystème entier	Densité Nature	Transect sur berges Sédiments à la benne Eaux filet Manta	Annuelle Ciblé

			Biote	
--	--	--	-------	--

\* Il s'agit des stations qui seront identifiées suite à l'étude planifiée du suivi environnemental du Lac de Bizerte sous la supervision de l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement.

### 3.7.4.5 Programme de suivi des fonctions écosystémiques terrestres

Le suivi environnemental vise trois principaux objectifs :

- (i) Évaluer au cours du temps les impacts réels du réchauffement climatique et des activités et pressions humaines sur la composition et la répartition géographique de la biodiversité terrestre (habitats, faune et flore) autour de la lagune ;
- (ii) Les comparer aux impacts supposés ou prévus par la présente étude avant toute intervention et toute application de mesures de protection envisagées ;
- (iii) Évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation retenues et réellement réalisées dans la région.

Afin d'atteindre ces objectifs et de prendre les mesures nécessaires pour corriger, modifier ou renforcer la stratégie de la protection et de résilience de la biodiversité aux changements climatiques, il est recommandé de créer un organisme de suivi et de contrôle de l'état de l'écosystème et de la biodiversité qui travaille en étroite collaboration avec le pôle technologique et les structures de recherche de la région. Cet organisme aura pour principale taches :

- Compléter dans un premier temps l'étude de la biodiversité de la région, notamment celle de l'Avifaune, au cours des quatre saisons afin de dresser la liste complète des espèces animales (surtout les oiseaux au cours des différentes périodes de migration) et végétales (les plantes annuelles qui restent à inventorier au printemps) ;
- Définir et établir des programmes de recherche (Stages de PFE de courtes durées ; Mastères...) avec les laboratoires et les établissements universitaires de la région portant sur des sujets qui nécessitent des connaissances approfondies sur la biodiversité, l'écologie des espèces vulnérables ou à statut particulier, l'effet des changements climatique sur la dynamique et l'équilibre des écosystèmes...
- Collaborer, coordonner les actions et définir des stratégies de travail et d'échange avec les autres organismes responsables ou impliqués dans ce domaine (DGF, APAL, ANPE, DSSB...) et les ONGs locales (chasseurs, agriculteurs, associations de protection de la nature...).
- Organiser des réunions d'information et des séminaires avec la population locale et les différents intervenants.
- Délimiter et cartographier avec certitude les zones abritant des trois espèces de plantes invasives, notamment la morelle jaune *Solanum elaeagnifolium*. Des mesures nécessaires pour son éradication ou au moins la limitation de sa propagation doivent être prises en collaboration avec les autorités locales et nationales (Ministères de l'Agriculture, Ministère de l'Environnement et ANPE).
- Suivre l'état des zones humides d'eau douce : effectuer des mesures mensuelles du niveau de l'eau, de la salinité, des polluants...
- Suivre l'état des roselières : superficies occupées par les roseaux (*Phragmites* et *Thypha*) et état général de la végétation aquatique.
- Suivre périodiquement l'avifaune des zones humides.
- Délimiter les gîtes de moustiques et suivre l'extension (ou la réduction) de ces habitats.
- Suivre l'état de l'environnement et prendre les mesures de restauration ou d'atténuation des effets néfastes de toute éventuelle perturbation ou catastrophe écologique (feux de forêt, inondations...).
- Proposer des solutions pratiques et rapides pour résoudre les éventuels problèmes qui peuvent survenir au cours du temps : raréfaction d'espèces, fragmentation d'habitats, dessèchement d'un cours d'eau ou d'une zone humide, extension de l'aire d'une espèce introduite invasive....

- Proposer des solutions d'aménagement pour aider certaines espèces à se reproduire, (création de corridors par exemple, aménagement de zones de nidification...), occuper le milieu et augmenter leurs effectifs.
- Réaliser chaque année le bilan des travaux réalisés, l'état de la biodiversité et l'évolution de l'écosystème afin d'évaluer et de juger l'efficacité des mesures préconisées et des actions entreprises.

De telles actions (et bien d'autres qui peuvent être définies) de contrôle et de suivi de la biodiversité, des équilibres écologiques et des fonctions écosystémiques terrestres permettront une meilleure résilience aux changements climatiques et une gestion durable des ressources naturelles vivantes.

L'organisme responsable du suivi de l'environnement nécessite le recrutement d'un personnel qualifié (notamment en botanique, ornithologie, écologie), des moyens de déplacement et d'équipements d'observation, d'étude et d'analyses rapides sur le terrain.

#### 3.7.4.6 Programme de suivi dans le domaine des eaux dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte

L'eau constitue le facteur principal de réussite de tout plan de développement durable, d'où l'importance des inventaires et des études hydriques régionales, et ce par la conception d'une politique de gestion optimale des ressources en eaux régionales. Une telle approche est essentiellement pluri-disciplinaire, avec deux volets majeurs :

- Le volet scientifique comportant la géologie, les images satellitaires et SIG, l'hydrologie et l'hydrogéologie, la géophysique et l'état de l'environnement.
- Le volet socio-économique qui inclut les paramètres en relation avec la consommation, la densité, les besoins et les projections.

Les objectifs ultimes de l'opération d'inventaire ou de suivi dans le domaine de l'eau peuvent être :

- L'évaluation des ressources, des réserves mobilisables ainsi que leurs caractéristiques qualitatives et quantitatives,
- L'identification des besoins en eau selon les divers types d'usages,
- L'optimisation et la planification de la consommation de l'eau,
- Les possibilités d'économie et de protection du patrimoine eau.

Par ailleurs, la mise en place d'un inventaire des ressources hydriques nécessite :

- La définition des données de base à recueillir et la méthodologie d'acquisition de ces données,
- L'établissement du mode de présentation des données,
- La définition du système de classement et de traitement de l'information recueillie.

L'établissement des inventaires des ressources commence par l'étape documentaire qui consiste à récolter, analyser, classer et stocker tous les documents concernant la région. Cette étape comporte alors le dépouillement critique des archives pour aboutir à la fin à l'établissement des fiches provisoires de documents. Il est à noter que la prospection sur le terrain s'avère indispensable puisqu'elle permet la vérification et l'actualisation de ces documents déjà rassemblés sur fiches provisoires.

Trois documents sont considérés essentiels pour l'inventaire des ressources en eaux, à savoir : la fiche du point d'eau avec les données de base, les diagrammes d'analyse de l'eau et les cartes de localisation (hydrologiques, géologiques, piézométriques, hydro-chimiques). Toute autre information sur les bassins versants, les cours d'eau, la géologie et les spécificités régionales sera consignée et répertoriée dans une base de données. En outre, et avec l'ampleur d'utilisation des moyens informatiques, la

cartographie numérique est connectée à la banque de données où sont stockés tous les renseignements disponibles. Cette interactive conduit à l'élaboration du modèle de gestion des ressources censé de représenter le comportement du système hydrologique étudié tout en tenant compte des exigences de qualité et de protection de la ressource.

Le programme de suivi dans le domaine de l'eau est basé sur : (i) l'évaluation des ressources disponibles, (ii) la projection future des besoins et des allocations des différents usagers de l'eau et (iii) le suivi des actions de préservation et de protection des ressources en eau contre la surexploitation, la pollution et l'intrusion marine. Vu que la précipitation représente la composante du bilan hydrologique responsable du renouvellement des ressources en eau, le programme de suivi envisagé doit commencer par l'évaluation de la variabilité spatio-temporelle de la précipitation et la détection des événements hydrologiques extrêmes (sécheresses et inondations) pour assurer une gestion durable de la ressource.

L'évaluation des ressources en eaux souterraines repose sur les mesures à des pas de temps réguliers des niveaux piézométriques pour suivre l'évolution des réserves des nappes. Quant aux eaux de surface, il serait important de suivre la disponibilité des eaux dans les barrages et les autres ouvrages de rétention, y compris un suivi des éléments du bilan hydrologique de l'ouvrage (apports, évaporation, lâchers, exploitation, etc.). Un suivi de la qualité des eaux, notamment la salinité, est aussi recommandé. Il est également important de faire le suivi du niveau d'envasement observé dans les différents barrages qui risque de réduire leurs capacités de rétention.

Plusieurs secteurs de besoins des ressources en eaux sont distingués, y incluent l'agriculture, l'approvisionnement en eau potable, l'industrie, le tourisme et le secteur écologique (lacs, marais, etc.). Il est donc indispensable de faire le suivi de la consommation de ces différents secteurs et de prévoir son évolution future. Au niveau du secteur d'approvisionnement en eau potable, par exemple, il est important de suivre l'évolution du taux de branchement de la population au réseau de la SONEDE, la variation de la consommation et le suivi des fuites et des pertes d'eau au niveau des réseaux d'adduction et de distribution.

La préservation des ressources en eau nécessite surtout sa protection contre la pollution, où il est indispensable d'assurer le traitement approprié de l'eau après son usage. Dans ce cadre, on requiert des données relatives à la méthode d'assainissement (fosse septique et puits perdu, réseau et station d'épuration, etc.), la méthode de traitement et son pouvoir épuratoire et surtout la qualité de l'effluent par rapport aux normes de rejets dans l'environnement ou le normes de réutilisation des eaux usées traités si une réutilisation est préconisée.

#### **a. Inventaire des points d'eau dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte**

En plus des suivis et des observations hydrogéologiques effectués par le CRDA de Bizerte et publiés par la DGRE dans les annuaires piézométriques et d'exploitations, des inventaires des points d'eau sont recommandés pour les différentes nappes de la région. En effet, les suivis de l'exploitation concernent seulement les forages légaux, les forages illicites ne sont pas inventoriés et leurs exploitations ne sont pas prisent en compte dans le calcul de bilan des nappes. En plus l'exploitation des nappes phréatiques est très grossière et s'effectue par cinq ans. D'où la nécessité de ces inventaires. Pour chaque point d'eau inventorié dans la région, nous déterminons avec précisions les informations suivantes (**Annexe 1**) :

- Le numéro DRE du point d'eau,
- Localisation du point d'eau (délégation, lieu-dit...)
- Le nom de propriétaire du point d'eau
- La carte de localisation du point d'eau (Nom, Numéro et l'échelle),
- La nappe captée par le point d'eau (Nom et code),
- Les coordonnées géographiques du point d'eau,

- La date d'exécution,
- Niveau statique ;
- Hauteur et largeur de la margelle ;
- Type d'exploitation ;
- Taux d'exploitation ;
- Température de l'eau ;
- pH, Conductivité...

#### **b. Renforcement de réseau de surveillance et suivi piézométrique dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte**

Le réseau de surveillance optimisé des nappes phréatiques de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte est constitué de 72 puits de surface et 22 piézomètres (Tableau 10). Par contre les réseaux de surveillance de des nappes profondes est constitué de 13 piézomètres. On signale que le réseau de surveillance piézométrique est insuffisant, spécialement, pour les nappes profondes. En effet, aucun piézomètre n'est installé pour les nappes profondes de Mio-Pliocène de Guéniche et des Calcaires campaniens de Mateur.

En plus du réseau de surveillance piézométrique des aquifères installé par la DGRE et le CRDA de Bizerte, il est recommandé de renforcer ce réseau par installation d'autre piézomètres, spécialement, pour les nappes profondes de la région dont le réseau existant est insuffisant pour suivre l'hydrodynamisme des eaux souterraines.

Aussi il est recommandé de remplacer les piézomètres abandonnés ou asséchés par la forte baisse piézométrique. L'installation des piézomètres doit être suivie par un relevé topographique afin de définir les altitudes des différents piézomètres.

#### **c. Suivi piézométrique des eaux souterraines dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte**

Des campagnes de mesures piézométriques seront organisées avec si possible, l'acquisition de séries temporelles (installation des CTD-Diver de type HOBO ou autres) afin de définir le sens d'écoulement de l'eau et les axes de drainage préférentiels.

#### **d. Suivi de la qualité des eaux souterraines et de surface et ses caractéristiques physicochimiques dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte**

Des échantillonnages et des analyses des paramètres chimiques des eaux souterraines et de surfaces (oueds, barrage et lac) seront effectuées par trimestre : ces analyses concernent la mesure des paramètres physico-chimiques (pH, température, matière en suspension, conductivité, salinité et la turbidité) et la détermination des éléments majeurs à savoir : Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et Cl<sup>-</sup>. D'autres analyses des polluants métalliques et organiques sont recommandées, à savoir, les métaux lourds, les dioxines, les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les pesticides et les émergents.

**Tableau 16.** Réseau de surveillance piézométrique existant des nappes phréatiques dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte

Nappe phréatique		Ressources	Exploitation	Puits de	Piezomètres	Puits et
Nom	Code	Mm <sup>3</sup> /an	Mm <sup>3</sup> /an	surface		Piezomètres
Bizerte Sud (Mel Bourg)	13130	2	1.69	6	1	7
Oued B.Hassine	13140	1	0.48	9	1	10
Mateur Ras El Ain	13510	8	6.66	20	3	23
Oued El Graâ	13110	3	3	11	4	15
Ras Jebel	12310	8.44	11.2	12	7	19
Guenniche	13120	7.5	13	1	6	7
<b>Bizerte Nord</b>	12211	4.7	0.22	13	0	13

Total	29.94	36.03	72	22	94
-------	-------	-------	----	----	----

**Tableau 17.** Réseau de surveillance piézométrique existant des nappes profondes dans le bassin de complexe lagunaire Ichkeul-Bizerte

Nappe profonde		Ressources	Exploitation 2019	Piézomètres
Nom	Code	(Mm <sup>3</sup> /an)	(Mm <sup>3</sup> /an)	
Plio-quaternaire de Guéniche	13121	9.5	6.674	7
Mio-pliocène de Guéniche	13131	3.2	2.867	--
Quaternaire de Menzel Bourguiba	13141	3	1.926	2
Quaternaire de Sajnene	13211	0.8	0.141	2
Remplissage quaternaire de Mateur	13511	12.6	1.589	2
Calcaire campanien de Mateur	13521		2.866	--
Total		29.1	16.063	13

### 3.7.4.7 Programme de suivi des activités socioéconomiques

#### a. Agriculture

Le suivi des activités agricoles sera établi sur la base des indicateurs suivants :

- Augmentation des superficies des légumineuses en ha ;
- Taux d'assolement pratiqué en % ;
- Taux des cultures de blé tendre en % des cultures céréalières ;
- Accroissement des cultures fourragères en % ;
- Augmentation de la culture des espèces tolérantes à la salinité par rapport aux espèces sensibles en % ;
- Taux des superficies oléicoles par rapport aux surfaces arboricoles en % ;
- Importance de la culture des espèces locales en % des superficies cultivées ;
- Importance de l'élevage des races locales en % des effectifs totaux ;
- Taux des superficies cultivées en système d'agriculture de conservation par rapport à la surface totale cultivée en % ;
- Taux des superficies cultivées en système d'agriculture biologique par rapport à la surface totale cultivée en % ;
- Accroissement de la pratique d'agriculture familiale en % ;
- Réalisation en matière de CES en ha ;

Ces indicateurs ou les données de base permettant leurs calculs sont disponibles au niveau du CRDA (Arrondissements des statistiques)

#### b. Pêche

Le suivi de la pêche et des activités halieutiques sera ciblé sur les captures débarquées d'une part et sur les pratiques de pêche d'autre part.

Pour ce qui est de la composition de captures l'accent sera mis sur la diversité des espèces ciblées para la pêche selon les 3 groupes dominants : Poissons, Mollusques et Crustacés.

Le suivi l'analyse des classes d'âges (tailles et poids individuels des espèces clés. L'évolution saisonnière des captures, la relation entre espèces et zones de captures

Quant aux pratiques de pêche outre le suivi conjoint des toutes les catégories de pêche existantes y compris la pêche récréative, l'accent sera mis sur l'évaluation de l'effort de pêche, la typologie des engins et des embarcations utilisées

Ce suivi sera réalisé moyennant des enquêtes et les relevés de captures régulières.

L'enquête envisagée (**annexe 2**) ciblera les volets suivants :

- *La typologie et les catégories de pêche*
- *Le Pêcheur son statut et ses qualifications*
- L'Unité de pêche et ses caractéristiques techniques et ses équipements
- Les Engins de pêche leurs Caractéristiques et leurs spécifications
- Les Espèces et la diversité des captures
- Les zones de pêche
- Les indices de dégradations du milieu et les zones les plus affectées
- Les problèmes liés aux infrastructures de pêche.
- Les conflits sur les zones ou les espèces avec d'autres activités dont la conchyliculture.
- L'avis des pêcheurs quant à l'instauration d'AMCP, des zones de non-prélèvement
- L'avis des pêcheurs quant à l'exercice d'une autre activité génératrice de revenu

### **c. Conchyliculture**

Le suivi des activités aquacoles, en particulier la conchyliculture, sera ciblée sur l'évolution actuelle et future de cette activité.

Le suivi concernera séparément, la mytiliculture, l'ostréculture, la vénériculture et l'algoculture.

Le suivi portera sur l'établissement de la relation conditions du milieu dont la température et l'évolution des rendements et les cas de mortalités ou chute pendant la saison chaude, ceci concernera toutes les espèces en cultures.

Les résultats du suivi devront permettre d'établir :

- La chronologie et la cinétique de captage des naissains de moules en rapport avec la température des eaux en saison froide ;
- La chronologie de l'installation du développement et de la composition du biofouling sur les structures conchylicoles et l'évaluation de son impact ;
- Les conditions limites, quant aux mortalités et pertes des cultures ;
- L'identification des zones les plus vulnérables vis-à-vis aux effets de la température et du biofouling ;
- Les possibilités de diversification des activités aquacoles : développement de la filière palourde et de l'algoculture ;
- Evaluation des conflits potentiels avec l'activité de la pêche.

Aussi bien pour la pêche que pour la conchyliculture, le suivi assuré par les services du ministère de l'agriculture (Direction Générale de la pêche et de l'aquaculture porte sur :

- Le débarquement journalier en termes de kg de produits de la pêche
- La composition des captures avec une moyenne de 20 espèces bien identifiées
- L'effort de pêche en termes de sorties par jour
- La flottille active par rapport à l'ensemble de barques immatriculées
- La population maritime en termes du nombre des pêcheurs actifs

Ces données compléter par les ventes en termes de valeurs (en dinar par rapport aux prix moyens), par les exportations si présentes, et par des comparaisons et des tendances.

L'ensemble de ces données et valeurs sont édités chaque année dans l'annuaire des statistiques de la pêche.

Quant aux phénomènes aléatoires mortalités d'espèces, conflits, aléas météorologique etc, elles sont rapportées dans les rapports spécifiques mensuels élaborés par l'arrondissement des pêches de Bizerte.

#### **d. Tourisme**

Les indicateurs de suivi des activités touristiques se résument ainsi :

- Taux de protection des écosystèmes côtiers des effets des changements climatiques
- Nombre d'infrastructures touristiques améliorées selon les standards d'adaptation aux changements climatiques ;
- Taux de développement de nouvelles formes de tourisms (agritourisme ; écotourisme, tourisme culturel, randonnées, sites historiques ; etc.) en nombre de sites ;
- Taux d'intégration du complexe du Lac dans les circuits touristiques ;
- Développement des travaux d'aménagement paysager et de protection de la nature et de la biodiversité.

Le suivi sera réalisé conjointement par le CRDA (Agritourisme, écotourisme, aménagement paysager et protection de la biodiversité), l'APAL (effets des CC sur les écosystèmes côtiers) et la représentation régionale du Ministère du Tourisme (intégration dans les circuits touristiques et infrastructures touristiques).

#### **e. Industrie**

Il est à noter que jusqu'aujourd'hui il n'existe pas de suivi spécifique aux effets du changement climatique sur l'industrie en Tunisie. En revanche, la stratégie nationale de l'industrie et l'innovation élaborée par le ministère de l'industrie (Fin 2022) a englobé des orientations stratégiques et des actions à mettre en œuvre pour adapter l'industrie tunisienne aux changements climatiques et réussir la transition énergétique dans ce secteur. Le plan d'actions n'est pas encore mis en œuvre.

Par ailleurs, il existe un suivi de certains aspects en lien, d'emblée, avec le changement climatique, notamment :

Suivi de l'aménagement des zones industrielles : L'organisme responsable est l'agence foncière industrielle (AFI)

Suivi de la maîtrise et l'efficacité énergétique des Bâtiments industriels : l'organisme responsable est l'agence nationale de maîtrise de l'énergie (ANME)

Suivi d'impacts des activités industrielles sur l'environnement (Ministère de l'Environnement, ANPE)

Le suivi des activités industrielles portera sur la mise à niveau et en adéquation des activités industrielles saillantes de la zone par rapport les effets potentiels du changement climatique.

Le suivi concernera principalement la révision du plan d'aménagement des zones industrielles de Menzel Jemil et la mise à niveau environnementale des sociétés EI Fouladh et STIR.

Le programme de suivi vise à permettre :

- La protection des zones industrielles contre les inondations causées par l'élévation du niveau moyen de la mer ;
- Le traitement des eaux usées industrielles ;
- La dépollution industrielle des zones à proximité des grandes sociétés comme EI Fouladh.

Ce programme devrait être suivi par les acteurs industriels suivants :

- Le ministère de l'environnement
- Le ministère de l'industrie
- Le gouvernorat de Bizerte
- Les municipalités concernées

Le ministère de l'environnement gagnerait à être le coordinateur de ce programme de suivi compte tenu de la transversalité de la question du changement climatique d'une part, et d'autre part compte tenu de la disponibilité des compétences au sein du ministère de l'environnement, capables d'assurer le pilotage et la coordination correspondants.

#### 3.7.4.8 Programme de suivi du tissu urbain et les infrastructures dans la région

Pour limiter l'expansion des villes et des infrastructures tout en respectant les plans d'urbanisation, il est important d'établir des zones protégées et des limites d'urbanisation. Cela favorisera la préservation des espaces naturels, la densification des zones urbaines et l'amélioration des infrastructures agricoles. Il est également important de s'attaquer à l'urbanisation informelle en répondant aux besoins en logements des populations. Pour y parvenir, les mesures envisagées comprennent la mise en place d'une interdiction d'urbanisation dans les zones agricoles et dans les zones à risques environnementaux et écologiques, la création d'obstacles physiques pour ralentir la croissance des villes et l'implication des responsables territoriaux. Il est également important de suivre et de contrôler l'impact environnemental des activités et de dépolluer les zones contaminées. Enfin, la requalification urbaine et la valorisation du patrimoine sont des leviers importants pour une régénération urbaine réussie.

Tous ces éléments ne peuvent être garantie, que :

- Par la mise des documents d'urbanisme à savoir les plans d'aménagement urbain ;
- La cohérence de ces documents avec les grands projets ;
- L'application stricte des directives d'aménagement urbain ;

Les acteurs de suivi du programme sont multiples, les plus importants sont :

- Le ministère de l'équipement et de l'habitat
- Le ministère de l'environnement
- Le gouvernorat de Bizerte
- Les municipalités

#### 3.7.4.9 Coût pour la conception, la mise en place et l'exploitation d'un système de suivi environnemental

Il est démontré que la stratégie d'adaptation au changement climatique que ce soit dans la région de Bizerte ou ailleurs a besoin de s'appuyer sur un dispositif de suivi environnemental qui viendrait alimenter, enrichir et corriger continuellement la stratégie et surtout sa mise en œuvre.

Nous avons présenté dans la partie précédente les composantes essentielles d'un tel dispositif ainsi que les domaines environnementaux et socioéconomiques que le dispositif doit couvrir régulièrement afin de fournir les données et les informations en temps utiles que les différents acteurs impliqués dans l'adaptation au changement climatique dans la région de Bizerte.

En terme pratique, et afin d'assurer le fonctionnement d'un tel dispositif, un ensemble d'activités sont à programmer en vue d'arrêter la conception définitive du dispositif, assurer sa mise en place ainsi que son fonctionnement au moins sur une période de 5 ans. Nous présenterons dans ce qui suit les principales activités à mener, nous fixerons leur planning de réalisation et nous proposerons une estimation de leurs coûts.

**A. Phase 1 : Conception du dispositif de suivi environnemental dans une dynamique d'adaptation au changement climatique.**

- i. Réaliser un mapping des acteurs concernés par l'adaptation au changement climatique dans la région de Bizerte.
- ii. Arrêter de manière concertée avec l'ensemble des acteurs concernés les problématiques environnementales et socioéconomiques qu'il y a lieu à suivre dans le cadre du dispositif de suivi environnemental.
- iii. Arrêter une liste précise des données dont le dispositif a besoin pour assurer ses fonctions de suivi environnemental dans une dynamique d'adaptation au changement climatique et illustrer les problématiques déjà défiées.
- iv. Fixer les procédures de collecte des données disponibles.
- v. Mettre en place des réseaux de production des données non disponibles et que le dispositif prendrait à sa charge.
- vi. Définir les modalités de traitement des données
- vii. Définir les produits du dispositif de suivi.
- viii. Définir les procédures de diffusion des produits du dispositif de suivi environnemental.

**B. Phase 2 : Mise en place technique et organisationnel du dispositif**

- i. Définir le mode de fonctionnement du dispositif
- ii. Définir le positionnement institutionnel du dispositif

**C. Phase 3 : Exploitation du dispositif.**

- i. Assurer le fonctionnement du dispositif sur la base d'une équipe constituée au minimum de trois cadres techniques, un spécialiste en environnement, un spécialiste du développement socioéconomique, un informaticien spécialiste en gestion des données et d'un technicien.
- ii. Assurer le fonctionnement des réseaux de suivi additionnels que le dispositif développerait et prendrait à sa charge ; au moins trois dispositifs ; un spécifique à la lagune de Bizerte, un autre spécifique au lac Ichkeul et un troisième spécifique aux eaux souterraines.

Le tableau suivant apporte une estimation du coût de la conception, de la mise en place et de l'exploitation du dispositif de suivi environnemental de la lagune de Bizerte et ses environs dans une dynamique d'adaptation au changement climatique sur les cinq premières années de son fonctionnement.

Phasage	Activités	Unités	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total (DT)
Phase 1 : Conception du dispositif de suivi environnemental	Mapping des acteurs, identification des problématiques à suivre, identification des données utiles pour le suivi et l'illustration	Expertise pour un équivalent de 20h/j	30000	0	0	0	0	30000
	Procédures de collecte, de production des données, de traitement, d'élaboration des produits et de diffusion	Expertise pour un équivalent de 30h/j	45000	0	0	0	0	45000

Phase 2 : Mise en place technique et organisationnel du dispositif	Mode de fonctionnement et positionnement institutionnel	Expertise pour un équivalent de 05h/j	7500	0	0	0	0	7500
	Acquisition du matériel informatique	4 ordinateurs et logiciels	25000	2500	2500	2500	2500	35000
	Acquisition du matériel roulant	1 véhicule 4X4	120000					120000
	Installation de 3 dispositifs de suivi	Matériels échantillonnage	30000					30000
	Installation bureautique	Local, meubles et autres	10000					10000
Phase 3 : Exploitation du dispositif	Frais de fonctionnement, location, matériel roulant, bureautique, divers		8000	8000	8000	8000	8000	40000
	Rémunération trois cadres et un technicien		12000	12000	12000	12000	12000	60000
	Frais de diffusion de de restitution des données		30000	30000	30000	30000	30000	150000
<b>Total</b>								<b>527500</b>

## 4 CONCLUSION, SYNTHÈSE ET ACTIONS À ENTREPRENDRE ET À DÉVELOPPER DANS LE PLAN D' ACTIONS PRIORITAIRES

### 4.1 Etat des lieux, analyse actuelle et perspective

La région de Bizerte et particulièrement celle développée autour du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul est un **écosystème multiple et complexe**, constitué de **plusieurs composantes naturelles et écologiques en interaction les unes avec les autres** dans des équilibres souvent fragiles et dynamiques.

Cet écosystème subit depuis plusieurs décennies et de manière croissante des **pressions humaines de plus en plus importantes, auxquelles viennent s'ajouter des défis émergents, des menaces et des impacts induits par les changements climatiques**.

L'objet de cette phase de l'étude consiste à proposer les principales orientations stratégiques nécessaires à adopter pour renforcer l'adaptation de cet écosystème et les activités socio-économiques qui s'y trouvent aux changements climatiques attendus.

En préambule, nous rappelons les principales perturbations observées et celles prévisibles en relation avec les changements climatiques définies et mises en évidences lors des phases précédentes de l'étude.

D'après les équations de flux de chaleur terrestre et la génération additionnelle de chaleur liée au rééquilibrage de l'humidité relative de l'air, il n'est pas exclu que l'augmentation de la température moyenne globale à l'échelle de la zone d'étude puisse atteindre 1,8 à 2°C à l'horizon 2070, et même plus à la fin du siècle en cours.

L'augmentation de la température s'accompagnera par un creusement du déficit cumulé des pluies. Nous observerons une baisse des précipitations des années très humides, conjointement à une augmentation en fréquence des années très sèches. En janvier 2022, le cumul mensuel (25 stations principales) a atteint 826 mm, par rapport au cumul de référence pour ces mêmes stations de 1187 mm, d'où un déficit de 30% (INM 2022). Cette situation a tendance à devenir de plus en plus une réalité. A l'horizon 2070, le taux de raréfaction des pluies des mois les plus pluvieux atteindrait 30 à 40%.

Par rapport à l'élévation accélérée du niveau moyen de la mer, les changements de lignes de cotes à l'échelle de la région de Bizerte, de manière générale, ne sont pas assez perceptibles jusqu'à présent.

Toutefois et d'après de multiples scénarios, il est fort probable d'observer au cours des prochaines années une avancée notable de la mer accompagnée par une modification des lignes de côte, une submersion marine potentielle d'une partie de l'espace urbain et une salinisation de certaines nappes phréatiques côtières. La cartographie de l'EANM montre que les zones les plus vulnérables sont nombreuses : Sud de l'Ichkeul, Garat M. Bourguiba, Z.I. M. Jemil, marais de Joumine, ...

Ces changements dans les conditions climatiques entraîneront des perturbations notables dans le fonctionnement des écosystèmes ; I) **Une perturbation du fonctionnement de la lagune de Bizerte** à travers particulièrement une marinisation franche de la lagune et une élévation du niveau des eaux, une élévation de la température et une tropicalisation du milieu, une augmentation des espèces exotiques au dépend de certaines espèces locales ainsi que des impacts plus ou moins importants sur la pêche et la conchyliculture ; II) **Une dégradation de l'état du lac de l'Ichkeul et ses abords**, à travers une augmentation de la salinité des eaux et un envasement du lac ; III) **Une dégradation de la biodiversité terrestre** à travers une dégradation de la diversité écosystémique à savoir les habitats, une érosion de la biodiversité spécifique, à savoir les espèces et une augmentation des plantes invasives.

Au même niveau que les perturbations au niveau des écosystèmes, les changements climatiques entraîneront des perturbations notables dans les activités socioéconomiques. Ceci se traduira de la manière suivante :

- **Au niveau de la pêche**

L'élévation de la température conduira à l'établissement d'espèces exotiques dans les captures, la prolifération d'algues toxiques et l'augmentation des troubles de la nutrition ou du développement. En même temps, l'élévation du niveau de la mer conduira à l'augmentation du recrutement d'espèces marines et l'augmentation des captures avec des impacts significatifs sur les ouvrages existants et particulièrement le port de Menzel Abderrahman.

- **Au niveau de la conchyliculture**

La conchyliculture sera très affectée, l'activité risque de devenir moins appropriée dans la lagune. Le réchauffement des eaux est un facteur limitant qui menace sérieusement cette activité à travers une diminution du captage des moules, une perte de cheptels en saison chaude et une prolifération d'espèces exotiques.

- **Au niveau de l'usage de l'eau**

La surexploitation des eaux souterraines, la salinisation, l'intrusion marine, la dégradation de la qualité des eaux particulièrement chimique risquent de s'aggraver et de s'amplifier avec des risques graves de non-disponibilité en quantités suffisantes des eaux pour les différents usagers.

- **Au niveau de l'agriculture**

Nous observerons une dégradation des ressources naturelles, particulièrement les eaux, les sols et la biodiversité avec effet immédiat en termes de perte dans la productivité agricole.

- **Au niveau de l'urbanisation**

Risque d'inondation de zones aménagées, urbaines ou de services.

## 4.2 Stratégie et orientations stratégiques

Sur la base des problématiques actuelles constatées dans la zone et celles susceptibles de se développer au cours de la prochaine période, en relation particulièrement avec les effets des changements climatiques, nous proposons la vision suivante en guise de réponse stratégique à cette situation et de développement de la **résilience et l'adaptation aux effets des changements climatiques les plus efficaces**.

**La vision consiste ainsi à « Promouvoir les conditions d'adaptation aux effets des changements climatiques dans la région de Bizerte à travers la réhabilitation des principaux écosystèmes, le développement d'activités socioéconomiques concordantes avec les spécificités écologiques et climatiques de la région dans une dynamique de gestion et de gouvernance performante et durable répondant aux aspirations de la population. »**

Cinq axes stratégiques déclinés en pas moins de 17 objectifs ont été arrêtés pour la concrétisation de cette vision :

- I. **Axe stratégique 1** : Réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.
- II. **Axe stratégique 2** : Développement des capacités de gestion des conflits autour des ressources en eau.
- III. **Axe stratégique 3** : Renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques.
- IV. **Axe stratégique 4** : Promotion d'un aménagement du territoire harmonieux compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région.
- V. **Axe stratégique 5** : Mise en œuvre d'une gouvernance moderne adaptée aux caractéristiques et aux défis de la région et qui soit ancrée dans le territoire.

Au niveau de l'axe 1 relatif à la réhabilitation des fonctions écosystémiques du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul ; il a été décidé de :

1. **Favoriser la résilience de l'écosystème de la lagune de Bizerte**, à travers essentiellement :
  - i. **Le dragage périodique du chenal de navigation** de Menzel Bourguiba.
  - ii. **La rectification des berges du lac** afin d'éviter les zones mortes.
  - iii. **Le maintien des échanges effectifs entre la lagune de Bizerte et le lac Ichkeul.**
  - iv. **Le creusement d'un ouvrage de génie-écologie** à savoir un canal à partir de Joumine vers la mer sur une distance de 3 km.
  - v. **La gestion et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes.**
2. **Préserver les fonctions écosystémiques terrestres**, à travers essentiellement :
  - i. **La dépollution des biotopes et des principaux milieux écologiques terrestres**
  - ii. **L'aménagement**
  - iii. **La surveillance et l'éducation**

Au niveau de l'Axe stratégique 2 relatif au développement des capacités de gestion des conflits autour des ressources en eau, il a été décidé de :

3. **Protéger les ressources disponibles**, à travers essentiellement :
  - i. **L'économie d'eau, l'amélioration de l'efficacité dans l'irrigation.**

- ii. L'intégration de l'eau virtuelle dans le bilan de l'eau, exportation/importation et empreinte en eau.
- iii. La préservation de la qualité des eaux, le développement des études d'impacts sur l'environnement, EIE, le prétraitement, l'optimisation des intrants...
- iv. La lutte contre l'intrusion marine, le développement d'un réseau de suivi des nappes côtières et la recharge artificielle des nappes.

**4. Promouvoir de nouvelles technologies de mobilisation des eaux**

**5. Développer le potentiel en eau non conventionnelle**

**6. Développer et promouvoir une gouvernance spécifique de l'eau dans la région du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul.**

Au niveau de l'axe stratégique 3, relatif au renforcement des capacités d'adaptation des activités socioéconomiques aux nouvelles conditions environnementales et climatiques, il a été décidé :

**7. Adapter les cultures et les systèmes culturels aux changements climatiques et favoriser les pratiques culturales agroécologiques ; et ce à travers :**

- i. L'accroissement de la culture des légumineuses en l'assolement avec les céréales en vue de préserver la fertilité du sol.
- ii. La diminution de la culture du blé tendre (très vulnérable) au profit de la culture d'orge et du blé dur ;
- iii. L'encouragement des cultures fourragères pour répondre au déficit d'alimentation du bétail ;
- iv. Le développement des cultures tolérantes à la salinité (artichaut, tomates etc.) au profit des cultures sensibles (pomme de terre, piment etc.) ;
- v. Le développement de l'oléiculture, notamment en mode biologique aux dépens de l'arboriculture peu tolérante à la sécheresse et à l'augmentation des températures hivernales ;
- vi. L'utilisation des variétés et races locales, plus rustiques et mieux adaptés que celles introduites.

**8. Favoriser l'adaptation de la pêche aux aléas climatiques, à travers particulièrement :**

- i. Préservation et aménagement des ressources vivantes ; plus d'une trentaine d'espèces de poissons, ciblés par la pêche, bénéficieront de l'évolution vers la marinisation de la lagune; le rendement des captures sera plus important d'autant plus que certaines espèces exotiques pourront faire partie des futures captures.
- ii. Mise à niveau des infrastructures de pêche, équipement et mise à niveau du port de Menzel Abderrahman et promotion de sites de pêche à travers l'installation de débarcadères (cas de Menzel Jemil, Jewawda, Guengla etc.).
- iii. Fourniture des eaux écologiques indispensables pour la productivité du lac et l'appel des recrues : Anguilles, muges.
- iv. Une gestion réussie réside dans le maintien des échanges avec la mer à travers les systèmes naturels ou artificiels : Canal de Bizerte, Oued Tinja, écluse de Tinja, chenal, barrages du bassin de l'Ichkeul.

**9. Développer les meilleures conditions pour garantir la pérennité de la conchyliculture ; à travers particulièrement :**

- i. Le réajustement spatial des activités conchylicole concentrées actuellement dans la partie Nord-Est.
- ii. La révision de la densité de l'activité en rapport avec les caractéristiques et les contraintes nouvelles, évitant également les conflits d'usage avec la pêche.
- iii. Le développement de nouvelles activités d'économie bleue, EB, en alternatives aux pertes occasionnées sous formes de niches d'emplois dans des domaines comme le pécaturisme, l'ittitourisme

**10. Favoriser le développement de nouvelles opportunités touristiques ; à travers particulièrement :**

- i. La protection des infrastructures touristiques littorales des effets des CC (élévation du niveau de la mer).
- ii. La valorisation des opportunités offertes par l'ambiance climatique relativement plus attractive dans la région de Bizerte que les destinations traditionnelles par du tourisme culturel, de randonnées (paysages, géologie), écologique (biodiversité et paysages) et agricoles.

Au niveau de l'axe stratégique 4, relatif à la promotion d'un aménagement du territoire harmonieux compatible avec les spécificités naturelles et socioéconomiques de la région, il a été décidé :

**11. Promouvoir une meilleure intégration de l'activité industrielle dans l'environnement naturel et socioéconomique de la région ; en effet :**

Sans une élimination significative des rejets industriels polluants dans le milieu à travers une mise à niveau environnementale conséquente, les mesures d'adaptation au CC adoptées dans la région, quel que soit leur valeur, risque de perdre toute signification.

**12. Protéger et gérer convenablement le tissu urbain et les infrastructures dans la région**, à travers une révision substantielle des plans d'aménagement urbain des zones sensibles aux inondations, le cas de Menzel et ce afin de mettre en œuvre les mesures nécessaires de gestion spécifique à ces zones.

**13. Améliorer le transport et les infrastructures routières**

Au niveau de l'axe stratégique 5, relatif à la mise en œuvre d'une gouvernance moderne adaptée aux caractéristiques et aux défis de la région et qui soit ancrée dans le territoire, il a été décidé :

**14. Promouvoir une gestion rapprochée et concertée entre les différents intervenants dans la région**

**15. Développer une communication spécifique orientée vers les principaux acteurs actifs et influents dans la région en matière d'adaptation aux changements climatiques**

**16. Favoriser les conditions pour une meilleure résilience des femmes aux changements climatiques dans la région**

**17. Développer et mettre en place un observatoire de suivi environnemental et d'adaptation au changement climatique.** Il est en effet très important et utile d'observer régulièrement les évolutions naturelles et socioéconomiques dans la région afin de prédire les résultats et les conséquences des changements attendus du climat et de prévenir leurs effets en apportant les correctifs et les réponses qui s'imposent.

### 4.3 Plan d'actions prioritaires

A partir des orientations stratégiques proposées, il est demandé au niveau des termes de références de l'étude de dégager une tranche prioritaire de projets ou de programmes d'actions.

Ces projets ou programmes d'actions doivent garantir la protection du patrimoine naturel, et des ressources naturelles ainsi qu'un développement socioéconomique durable.

Le plan d'actions prioritaires sera à la fois la traduction concrète des orientations de gestion issues du bilan diagnostic et le produit de la concertation à mener avec les parties prenantes et l'UGPO pendant cette phase.

Les actions sur lesquelles nous allons être amenés à travailler lors de la prochaine phase sont structurées autour de trois aspects ; I) Actions relatives à la protection de l'environnement et orientées vers l'adaptation des activités socioéconomiques aux effets des changements climatiques, II) Actions horizontales de soutien et d'appui et III) Actions de gouvernance et de planification.

Ces différentes actions et sur la base des propositions formulées dans les termes de références se structurent à ce stade comme suit :

- **Actions relatives à la protection de l'environnement et orientées vers l'adaptation des activités socioéconomiques aux effets des changements climatiques**
  - i. Proposition des mesures préventives ou curatives pour faire face aux phénomènes d'érosion et de submersion.
  - ii. Définition d'un zonage des installations aquacoles pour mener leurs activités sans risques majeurs engendrés par les changements climatiques
  - iii. Identification des mesures nécessaires pour parer aux infestations par les espèces non indigènes des eaux du lac et de l'avant-port de Bizerte
  - iv. Définition des mesures d'adaptation du secteur de la pêche aux invasions biologiques.
  - v. Proposition d'actions d'adaptation principalement des secteurs de l'agriculture, de la gestion des ressources en eaux, du tourisme, de l'aménagement du territoire et des infrastructures face aux effets des changements climatiques
  - vi. Définition des bonnes pratiques agricoles adaptées aux effets des changements climatiques
  - vii. Définition de nouvelles activités de substitutions non vulnérables et adaptées aux effets des changements climatiques
- **Proposition d'actions horizontales de soutien et d'appui**
  - viii. Caractérisation des aménagements techniques à vocation de protéger le patrimoine et les ressources naturelles.
  - ix. Actions de mise en valeur du site et de son développement durable
  - x. Les mesures réglementaires (zonages, usages ...) et institutionnelles (chartes et conventions) applicables à la protection de la zone et destinées à limiter toutes sortes de nuisances, pollutions ou risques pouvant interagir avec les effets des changements climatiques et amplifier les perturbations constatées et à venir.
  - xi. Proposition d'une batterie d'indicateurs de suivi-évaluation environnementaux et de développement durable de la zone.
  - xii. Identification des besoins logistiques et humains nécessaires pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation envisagées
- **Propositions de gouvernance et de planification**
  - xiii. Proposition d'un modèle de gouvernance de la zone dans une démarche intercommunale
  - xiv. Elaboration d'un plan quinquennal de développement de la zone dans la perspective d'une plus grande résilience

Soit au total une quinzaine d'actions.

## RÉFÉRENCES CONSULTÉES

- ADAPT'ACTION, 2021. Impacts des effets du changement climatique sur la sécurité alimentaire. 124p.
- AFD/ MARHP, 2021, Impacts des effets du changement climatique sur la sécurité alimentaire, 125 p.
- Afdhal, B., Tlig, S., Lissioued, W., Essaied, M. 2010. Etude d'Impact sur l'Environnement, 189p.
- ANPE (2004-2009). Rapport sur le suivi scientifique au Parc National de l'Ichkeul année. Ministère de l'Environnement et du Développement durable, Tunis.
- ANPE (2004-2009). Rapport sur le suivi scientifique au Parc National de l'Ichkeul année. Ministère de l'Environnement et du Développement durable, Tunis.
- APAL-PNUD, 2012. Etude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer due aux CC. Rapports phase 1, 402 p. et phase 2, 189 p.
- APAL, PNUD, 2015. Atlas de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau marin. 67 p.
- APAL, DGRE and PNUD, 2018. Etude sur les ressources en eau côtières et les impacts de l'élévation du niveau de la mer, Tunisie. Rapport d'évaluation de la vulnérabilité des ressources en eau (phase 1) et de la vulnérabilité socio-économique (phase 2) face à l'élévation du niveau de la mer.
- Barbery, J., Delhumeau, M. 1979. Cartes des ressources en sol de la Tunisie au 1/200000 : feuille Bizerte. Rapport ORSTOM pour le Ministère de l'Agriculture, Tunis, carte avec notice, 35p.
- BATIONON Y. D., 2009. Changements climatiques et cultures maraichères. Mastère Géographie. Univ. Ouagadougou. <https://www.memoireonline.com/09/10/3932/Changements-climatiques-et-cultures-maracheres.html>.
- BEAULIEU N., SANTOS SILVA J. & PLANTE S., 2015. Un cadre conceptuel pour explorer localement les facteurs de vulnérabilité et les options d'adaptation aux changements climatiques. Vertigo., Hors-série, 23. <https://doi.org/10.4000/vertigo.16603>.
- Ben M'Barek, N. 1995. Impacts des ouvrages sur l'équilibre de l'écosystème " Lac Ichkeul" Suivi mensuel des principaux paramètres physico-chimiques. DEA, Université Tunis II, Tunis : 67p.
- Ben M'Barek, N. 1995. Impacts des ouvrages sur l'équilibre de l'écosystème " Lac Ichkeul" Suivi mensuel des principaux paramètres physico-chimiques. DEA, Université Tunis II, Tunis : 67p.
- Ben M'Barek, N. 2001. Etude de l'écosystème du lac Ichkeul et de son bassin versant : " Caractéristiques physiques et géochimiques des eaux et des sédiments". Thèse de doctorat, Université Tunis II, Tunisie. 235p.
- Ben M'Barek, N. 2001. Etude de l'écosystème du lac Ichkeul et de son bassin versant : " Caractéristiques physiques et géochimiques des eaux et des sédiments". Thèse de doctorat, Université Tunis II, Tunisie. 235p.
- Bhourri khila S., Douh B., Mguidiche A., Boujelben A. 2015. Effets de la contrainte hydrique et des changements climatiques sur la productivité du blé dur en conditions climatiques semi arides de Tunisie , Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°23, September 2015, pp. 69-85
- Bouazza, Z. M. JALIL R. CHAFIL A. ZEROUALI, 2012. Changement climatique et Gestion de l'irrigation Conférence Internationale Organisée à AGADIR par l' ANAFI, D du 15 au 17 Juin 2012
- Bouri, S., Ben Dhia, H. (2010). A thirty-year artificial recharge experiment in a coastal aquifer in an arid zone: The Téboulba aquifer system (Tunisian Sahel). Une expérience trentenaire de recharge artificielle d'une nappe côtière en zone aride : le système aquifère de Téboulba (Sahel Tunisien). Comptes Rendus Géoscience 342. 60-74. DOI: 10.1016/j.certe.2009.10.008
- BOURQUE A. 2000. Les changements climatiques et leurs impacts. Vertigo 1 (2). Numéro Spécial : Changements climatiques. <https://doi.org/10.4000/vertigo.4042>
- BPEH (2019) : Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « EAU 2050 ». Etape 2 : Réalisation du diagnostic / état des lieux du secteur de l'eau et élaboration des orientations

de base. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche Bureau de la Planification et des Equilibres Hydrauliques (BPEH).

BPEH (2022) : Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « EAU 2050 ». Rapport de Synthèse : Etape 4 : Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche Bureau de la Planification et des Equilibres Hydrauliques (BPEH).

Brahim, M, Bejaoui, B et Atoui, A. (2008), 'Etude de l'hydrodynamique sédimentaire de la Lagune de Bizerte', Bull. Inst. Scien. Tech. Mer de Salambo, Vol. 35.

BRAHMI N., HATIRA A. et M.Ch. RABIA, 2010. Contribution de la télédétection et des systèmes d'information géographiques à la prise en compte du risque de prolifération des Aedes dans les zones humides de Bizerte (nord de la Tunisie). Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, volume IV : 151-168.

Chebil, A., Nadhem Mtimet and Hassen Tizaoui 2011. Impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja (Tunisie), AfJARE Vol 6 No 2 September 144

CIHEAM, 2010. Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Maroc et en Tunisie et priorités d'adaptation Mélanie Requier-Desjardins Les Notes d'analyse du CIHEAM N°56 – Mars 2010, 15 p

DGRE (2015). Annuaire de l'exploitation des nappes phréatiques. 2015. DGRE. Tunis.

DGRE (2019). Annuaire de l'exploitation des nappes profondes. 2019. DGRE. Tunis.

DGRE, 2018. Etude d'évaluation des expériences de la recharge artificielle de la Tunisie. DGRE/Gerept. 2018.

DGRE, 2020. Identification de nouveaux sites de recharge. DGRE/GéoHydro. 2020.

DGRE (2017). Suivi de la qualité des eaux souterraines en Tunisie (Année 2017). DGRE. Tunis.

EL HAMOUMI R, DAKKI M & THEVENOT M., 2007. Etude écologique des larves d'anoures du Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 29 : 27-34.

Garali, M., Ouakada, M., Guedarri, M. 2009. Bilans hydrologiques de la lagune de Bizerte (Nord-Est de la Tunisie) Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 22 (4): 525-534.

Gasmi F., Belloumi M., Matoussi M.S, (2010. Climate Change Impacts on Wheat Yields in Tunisia: An Econometric Analysis", paper presented at ERF 17th Annual Conference, 20-22 March, 2011, Antalya, Turkey.

GIZ & ME, 2022. Stratégie de neutralité carbone et de résilience au changement climatique à l'horizon 2050. 145p.

GIZ / MEDD, 2009. Étude stratégique sur le développement de l'écotourisme en Tunisie synthèse, 11 p.

GIZ / MTA, 2021. Promotion du tourisme durable. Nouvelles perspectives grâce au tourisme culturel et naturel.

GIZ, 2019. Evaluation de la vulnérabilité du secteur agricole à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de FatickS-100 p

GIZ/ Ministère de l'Équipement, 2010. Tourisme et changement climatique en Tunisie : évaluation des impacts environnementaux et socioéconomiques du changement climatique sur les principales activités touristiques en Tunisie, 172 p.

GIZ/Min Equipement 2009. Tourisme et changement climatique en Tunisie : Annexe 2 : L'étude du changement climatique et le potentiel climato-touristique de la Tunisie, 64 p.

GRACCI F., 2018. Quel Impact le réchauffement a-t-il sur la flore ? Science & Vie. <https://www.science-et-vie.com/questions-reponses/quel-impact-le-rechauffement-a-t-il-sur-la-flore-15519.html>

Grami D., Ben Rejeb J., 2015. L'impact des changements climatiques sur le rendement de la céréaliculture dans la Région du Nord-Ouest de la Tunisie (Béja) , NEW MEDIT N. 4/2015, 36-41

Haboubi, R.. 2004. Dynamique et changements récents des environs de Garât Ichkeul. Mémoire de Diplôme des Etudes Approfondies, Université de Tunis I, 83p.

IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. Published by the International Panel on Climate Change. Projections of Future Changes in Climate - AR4 WGI Summary for Policymakers (ipcc.ch)

IRD-CNRS, 2018. Future evolution of extreme precipitation in the Mediterranean, Trambly & Somot –

ITES, 2016. La Tunisie en 2025, 213 p.

Kouzana, L. (2010). Intrusion marine dans les nappes côtières de Korba et Téboûba (Tunisie). Caractérisation géophysique et hydrochimique. Thèse pour l'obtention du grade de docteur en géologie de la Faculté des Sciences de Tunis. Tunis.

Lachaal F, (2018). Caractérisation, aide à la gestion durable et à la remédiation des aquifères à risque en Tunisie : Apport des méthodes hydro-géophysiques, géochimiques et des outils géo-numériques. Habilitation Universitaire en Sciences Géologiques (Spécialité: Hydrogéologie). Faculté des Sciences de Bizerte, Université de Carthage.

Lachaal F., Chargui S., Jebalia, N., Ayari, K., Triki, L., Gabtni, H., 2022. Adapting groundwater artificial recharge to global and climate change in water stressed coastal region: the case of Ras Jebel aquifer (North Tunisia). Arab J Geosci. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10453-3>

Lachaal, F., Chekirbane, A., Chargui, S., Sellami, H., Tsujimura, M., Hezzi, H., Faycel, J., Mlayah, A., (2016). Water resources management strategies and its implications on hydrodynamic and hydrochemical changes of costal groundwater: case of Grombalia shallow aquifer, NE Tunisia. Journal of African Earth Sciences. 124, 171-188. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2016.09.024

MALE, 2017. Troisième Communication Nationale de la Tunisie au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), 36 p

Mathlouthi, M. et Lebdi, F. (2010) 'Modélisation de la relation pluie – ruissellement par durée d'épisode pluvieux dans un bassin du Nord de la Tunisie', Hydrol. Sci. J. 55(7), 1111 – 1122.

Mathlouthi, M., Ghali, A. et Lebdi, F. (2011) 'Impact des pluies extrêmes sur la genèse et l'amplification des glissements de terrain dans le Nord de la Tunisie', Revue Scientifique et Technique, LJEE No.19, décembre 2011.

MEDD, 2017. Guide de bonnes pratiques écotouristiques en Tunisie, 16 p.

MEDD-DGQV, 2008. Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face a une élévation accélérée des niveaux de la mer dues aux changements climatiques et identification d'une stratégie d'adaptation. 58p.

Mejri, Z. 2011. Ressources en eau et potentiel hydrothermal du flych Nnumidien (Nord-

Ministère de l'Equipement et de l'Environnement, 2013. Seconde Communication Nationale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Ce document a été préparé en 2011 et publié en décembre 2013 avec l'appui du GEF et du PNUD-Tunisie.Ouest de la Tunisie). Thèse de doctorat en Sciences géologiques, Faculté de Science dela Tunisie, 188p.

Ministère du développement de l'Investissement et de la coopération internationale 2018. Étude stratégique pour le développement du gouvernorat de Bizerte à l'horizon 2030, synthèse, 32 p.

NATAF 2021. Les Impacts Economiques du Changement Climatique en Tunisie :Risques et Opportunités, 41 p. Le Scouarnec Noël , Ludovic Martin Effets du changement climatique sur le tourisme

OMT, 2007. Tourisme et changement climatique : affronter les défis communs Considérations préliminaires de l'OMT octobre 2007, 11 p.

Oude Essink, G.H.P. (2001). Saltwater Intrusion in a Three-dimensional Groundwater System in the Netherlands: A Numerical Study. Transport in porous media, 43:137- 148.

Ouerghi, S. 2006. Développement d'un SIG relatif a intérêt environnemental sur le lac Ichkeul. Mastère spécialisé en Géomatique à l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis. 80p.

PNUE/OMM, 2008. Changement climatique et tourisme : Faire face aux défis mondiaux, (résumé) , 32 p.

Richter, B.C. & Kreitler, C.W. (1993). Geochemical techniques for identifying sources of groundwater salinization. CRC Press, Boca Raton, Florida, 265 p.

Romdhane, MS. 1994. Ichtyofaune du lac. BCEOM. Tunis, Tunisie. 39p.

Roussel, 2020. Impact des changements climatiques sur l'agriculture : ne pas oublier les effets du taux de CO2, Actu environnement

SANE F & DIDIER S., 2007. Typologie des sites de reproduction du crapaud vert (*Bufo viridis* laurenti, 1768) en Alsace. *Ciconia* 31 (1) : 19-28

Seguin B. 2020. Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture INRA Mission 'Changement climatique et effet de serre', site Agroparc

SEGUIN B., Le changement climatique : conséquence pour les végétaux. 2010. *Quaderni* 71 : 27-40. <https://doi.org/10.4000/quaderni.525>

UNWTO, 2008. Tourism highlights, 12 p.

Vennetier M. 2020. Forêts et changement climatique. Le constat en région méditerranéenne *Sciences Eaux & Territoires* 2020/3 (Numéro 33), pages 18 à 25

Vousdoukas, M. I., L. Mentaschi, E. Voukouvalas, M. Verlaan, and L. Feyen (2017), Extreme Sea levels on the rise along Europe's coasts, *Earth's Future*, 5, 304–323, doi:10.1002/2016EF000505.

White, I. & Falkland, T. (2010). Management of freshwater lenses on small Pacific islands. *Hydrogeology Journal*, 18: 227-246.

# ANNEXE 1

## FICHE D'INVENTAIRE D'UN POINT D'EAU

Nappe : ..... Carte : ..... N° : ..... Echelle : .....

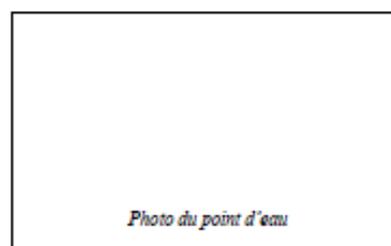
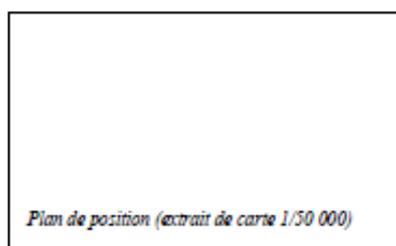
### IDENTIFICATION :

Nom du point d'eau /Propriétaire: ..... CIN : ..... N° d'inventaire : .....  
Lieu dit : ..... Délégation/Imada : ..... Gouvernorat : .....

### Coordonnées :

X: ..... G ..... ' ..... ''      X: ..... ° ..... ' ..... ''      X (UTM) : .....      Z (m) : .....  
Y: ..... G ..... ' ..... ''      Y: ..... ° ..... ' ..... ''      Y (UTM) : .....

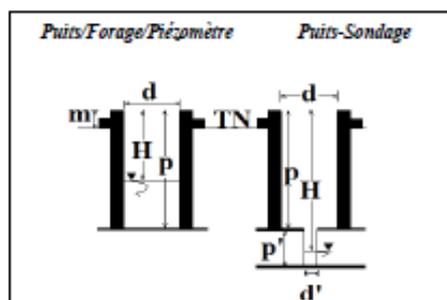
Date d'exécution : ..... Public  Privé



### CARACTERISTIQUES :

Puits simple  Puits-sondage  Forage  Piézomètre  Source  Puits maçonné  non maçonné

Margelle ou tête du forage (m) : .....  
Profondeur du plan d'eau (H) : .....  
Profondeur de l'ouvrage (P) : .....  
Diamètre intérieur de l'ouvrage (d) : .....  
Cas du puits-sondage (p') : .....  
Diamètre du sondage (d') : .....



### EQUIPEMENT :

Équipé  Non équipé  Non utilisé  Abandonné  Combié  Surveillance

Motopompe : Diesel  Electrique  Puissance (cv) : ..... Dalou  Autres  Age de l'équipement : .....

### UTILISATION :

Alimentation urbaine de : ..... Alimentation humaine (AIC) : ..... Alimentation animale

Besoins agricoles : Cultures arboricoles  Cultures maraichères  Nombre d'hectares : .....

Usage industriel  Usage touristique

### REGIME D'EXPLOITATION :

Débit instantané de pompage (l/s) : ..... Débit artésien : .....  
Nombre d'Heures/Jour : ..... Nombre de Jours/Mois : ..... Nombre de Mois/An : .....  
Durée de pompage (Heures/An) : ..... Volume d'exploitation annuel (m³) : .....

### QUALITE CHIMIQUE:

Température (°C) : ..... Conductivité (µS/cm) : ..... RS (g/l) : ..... pH : .....  
Teneur en nitrates : .....

### OBSERVATIONS :

.....

## ANNEXE 2

### *Fiche de suivi des activités halieutiques du complexe Bizerte-Ichkeul*

Site :	N° Fiche :	Date : / /2023
--------	------------	----------------

#### **I. PECHEUR :**

Nom : ..... Age : ..... Lieu de résidence : ..... Origine : ..... Etat civil :  Marié  Célibataire  
 Personnes à charges : ..... dont : ..... enfants Niveau d'étude : ..... Profession principale : ..... temps consacré à la pêche : ...% Diplôme pêche :  Oui  Non lequel : ..... Expérience pêche : ..... ans Autres activités : ..... Expérience : ..... ans  Armateur  Patron  Marin pêcheur   
 Autres : ..... Comment vous l'avez appris : ..... Avez-vous une barque :  Non  Oui Nombre : .... Depuis : ..... ans Couverture sociale :  Oui  Non Type de rémunération : ..... Valeur : Est ce que vous travaillez sur la même barque  Non  Oui Actuelle depuis : .....

#### **II. UNITE DE PECHE**

##### **II.1. Caractéristiques techniques**

Nom et matricule : ..... Age : ..... ans Date d'acquisition : .....  
 Disposez vous d'une licence de pêche  Oui  Non Si non pourquoi .....  
 Type de barque : Bois  Résine/fibres de verre  Aluminium  Longueur HT: ..... m Jauge : ..... TJB  
 Propulsion : Rames  Voile  Moteur  Puissance ..... CV Date d'acquisition: ..... / ..... / .....  
 Equipements Treuil  Remonte Filet  Rouleaux  Autres  .....  
 Radio  Bouées  Gilets  Boussole  GPS  Sondeur  Sonar  Autres: .....  
**Equipage : Nombre total .....**

	Qualité	Patron	Mécanicien.	Marin
Age				
Origine				
Parts				
Pêche activité principale (oui/non)				

##### **II. 2. Activité**

Engins utilisés : Trémail  Maillant  Palangre  Nasses  Autres : .....  
 Saisons de pêche spécifique : Non  Oui  Si oui remplir tableau

Campagne/engin						
Période	J F M A M J	J F M A M J	J F M A M J	J F M A M J	J F M A M J	J F M A M J
	J A S O N D	J A S O N D	J A S O N D	J A S O N D	J A S O N D	J A S O N D
Zone						
Durée de marée						

#### **III. ENGIN DE PECHE**

##### **Catégorie 1 : Palangre, ligne, traîne**

**Engin 1 : Palangre** (précisez) : ..... **Caractéristiques**  
 Nom local ..... Longueur ligne mère ..... m Diamètre ligne mère ..... mm Matière .....  
 Avançons : ..... Longueur ..... m Diamètre ..... mm Matière ..... Distance entre deux avançons .....  
 Hameçons Taille: N° ..... Forme ..... Matière ..... Nombre total/panier ..... Nombre paniers .....  
 Flotteurs : N° ..... Distance entre deux ..... Matière ..... Plomb : N° ..... Poids .....  
 Profondeur de pose : Fond  profondeur ..... m Entres deux eaux  profondeur ..... m ..... Surface   
 Durée de marée ..... Distance au lieu de pêche ..... Direction ..... Temps de pêche effective .....

##### **Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Eté
Zone					
Sorties/mois					
Espèces cibles	1.				
	2.				
	3.				
Espèces	1.				

accessoires	2.				
	3.				

**Catégorie 2 : Maillant (fixe, dérivant,...), trémail**

**Engin 1 : Maillant (Précisez) .....** Nom local ..... **Caractéristiques**  
 Nappe : .....longueur..... m Hauteur .....m Nombre ..... Tailles maille .....mm Matière .....  
 Diamètre ralingue supérieure .....mm Diamètre ralingue inférieure .....mm Matière .....  
 Flotteurs : ..... N°..... Distance entre deux ..... Matière ..... Plomb : N°..... Poids .....kg  
 Profondeur de pose : ...Fond  profondeur .....m Entres deux eaux  profondeur ..... m .....surface   
 Durée de marée..... Distance au lieu de pêche..... Direction..... Temps de pêche effective.....

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Été
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**Engin 2 : Trémail (Précisez) .....** Nom local ..... **Caractéristiques**  
 Filet : .....Longueur..... m Hauteur .....m Nombre de Nappes..... Matière .....  
 Voile:..... maille ..... Nombre mailles/m..... Table : maille .....mm Nombre mailles/m .....mm  
 Ralingue supérieure: .....Long .....m Diam .....mm Ralingue inférieure: Long .....m Diam.....mm  
 Flotteurs : .....N°..... Distance entre deux ..... Matière ..... Plomb : N°..... Poids .....kg  
 Profondeur de pose : ... Fond  profondeur .....m Entres deux eaux  profondeur ..... m ..... surface   
 Durée de marée..... Distance au lieu de pêche..... Direction..... Temps de pêche effective.....

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Été
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**Engin 3 : Combiné (Précisez) .....** Nom local ..... **Caractéristiques**  
 Filet : ..... longueur ..... m Hauteur .....m Nombre nappes .....  
 Ralingue supérieure:..... Long .....m Diam .....mm Ralingue inférieure: Long .....m Diam.....mm  
 Maillant : longueur ..... mail ..... Nbre mail/m..... Matière .....  
 Trémail : .....long.....Voile: mail ..... Nbre mail/m..... Table : mail ..... Nbre mail/m .....Mat .....  
 Flotteurs : .....N°..... Distance entre deux ..... Matière ..... Plomb : N°..... Poids .....kg  
 Profondeur de pose : .....Fond  profondeur .....m Entres deux eaux  profondeur ..... m ..... surface   
 Durée de marée..... Distance au lieu de pêche..... Direction..... Temps de pêche effective.....

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Été
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**Catégorie 3 : Nasses/ Verveux / Pièges**

**Engin 1 :** Type (Précisez) ..... Nom local ..... **Caractéristiques**

Nombre ..... Diamètre.....mm Distance entre deux pièges .....m Matière .....

Longueur ralingue/mur .....m Diamètre ralingue .....mm Matière .....

Profondeur de pose ..... m Fréquence de visite,..... Distance au lieu de pêche.....

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**Engin 2 :** **Bordigues** (Précisez) .....Nom local ..... **Caractéristiques**

Nombre chambre.....Longueur du barrage .....m Grillage Matière .....mailles .....mm

Profondeur de pose ..... m Fréquence de halage des captures .....

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**Catégorie 4 : Pêche à pieds**

**Engin :** Type (Précisez) ..... Nom local ..... **Caractéristiques**

Nombre.....Durée moyenne de collecte/jour :.....Collecte moyenne/jour : Quantité : ..... Quelle sont les zones ou vous pêchez le plus fréquemment ? .....

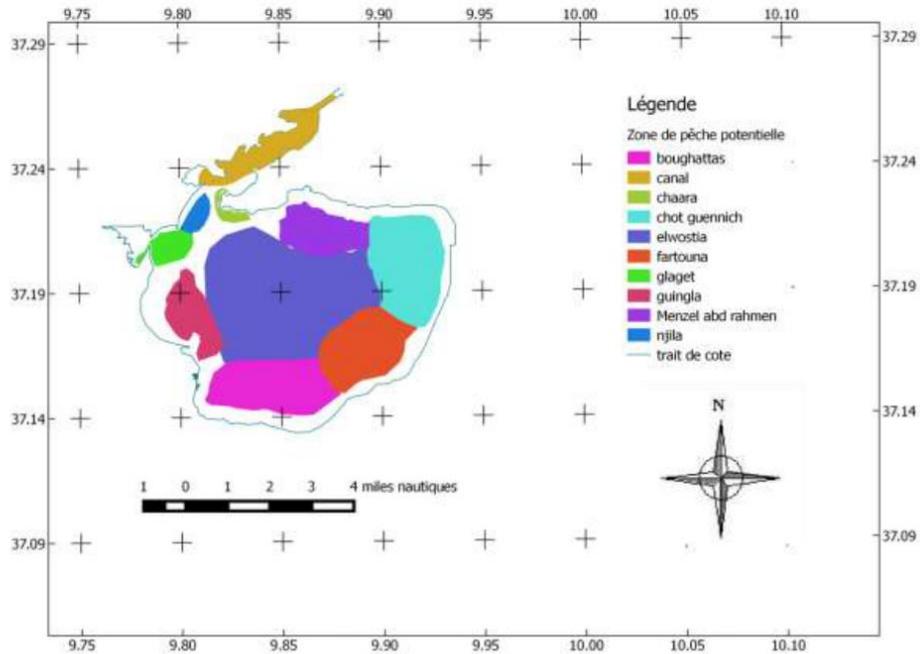
Avez-vous des problèmes dans la répartition des zones de collecte ?  Oui  Non

**Espèces capturées**

Mois		Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>Zone</b>					
<b>Sorties/mois</b>					
<b>Espèces cibles</b>	1.				
	2.				
	3.				
<b>Espèces accessoires</b>	1.				
	2.				
	3.				

**V. Etat des lieux (Problèmes rencontrés lors de l'exercice de la pêche ?)**

1. A votre avis, est ce qu'il y a des indices de dégradations du milieu ? oui  non
- 1.1. Si oui, est ce que la dégradation s'accroît avec le temps ? oui  non
- Quelles sont ses origines ?.....
- 1.2. Quels sont ses effets sur la diversité des captures?.....
- 1.3. Et est-ce qu'il y a des mesures d'atténuation de son effet? .....
- 1.4. Quelles sont les zones les plus affectées (carte) :.....



2. Comment évolue la disponibilité du poisson durant ces dernières années ?

Espèces Tailles, Quantités

	Stable <input type="checkbox"/>	Diminution <input type="checkbox"/>	Augmentation <input type="checkbox"/>
Depuis			
Zones			
Espèces affectées			
Causes			

3. Quels sont les autres facteurs qui ont mené à la dégradation du stock et du milieu

Réchauffement de l'eau, .....Variation du niveau de la mer: élévation  ou diminution .....

Variations de la salinité: élévation  ou diminution ...Autres :.....

4. Quels sont les impacts de la dégradation du stock sur votre niveau de vie :

5. Existe-t-il des problèmes en liaisons avec les infrastructures de la pêche. Non  Oui...

6. Connaissez-vous la réglementation sur les espèces, les engins de pêche ..... Non  Oui...

6.1 Avez déjà pratiqué une pêche Illicite Non déclarée Non réglementée (INN) : Non  Oui  Si oui laquelle :.....

6.2 A votre avis combien de pêcheurs pratiquent cette pêche (INN) dans la lagune.....

7. Existente-t-ils des problèmes concernant la commercialisation de votre production Non  Oui  Si oui lesquels :.....

8. Avez des conflits sur les zones ou les espèces avec d'autres activités, Non  Oui : Si oui lesquels :.....

9. Etes-vous adhérent à une organisation professionnelle (UTAP, GDP, coopérative) Non ...Oui

10. Etes-vous satisfait des programmes de vulgarisation et de recyclage de l'AVFA Non  .....Oui

11. Est-ce que vous jugez que vous êtes bien informé sur toutes les dispositions (réglementation, nouvelles technologies, défis environnementaux, formation, etc.) liées à votre activité Non  ..Oui

12. Êtes-vous pour l'instauration d'AMCP, des zones de non prélèvement ou des récifs artificiels Non .....Oui   
détaillez en précisant zones:.....

13. Avez-vous participé à une opération de sensibilisation des pêcheurs pour une pêche respectueuse de la biodiversité marine et côtière ? Non  Oui .....

14. Souhaitez-vous exercer une autre activité génératrice de revenu ? Non  Oui .....