Prix Nobel de la Paix 2015

République Tunisienne

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

Projet d'Evaluation des Besoins Technologiques

Rapport phase I de l'évaluation des besoins technologiques pour l'adaptation au changement climatique

Version définitive

14 Janvier 2015

Dr Raoudha Gafrej

Expert Adaptation

Avertissement

Cette publication est un produit du projet "Evaluation des Besoins en Technologies", financé par le Fonds pour l´Environnement Mondial (en anglais Global Environment Facility, GEF) et mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l´Environnement (UNEP) et le centre UNEP DTU Partnership (UDP) en collaboration avec le centre régional ENDA Energie (Environnement et Développement du Tiers Monde - Energie). Les points de vue et opinions exprimés dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du UNEP DTU Partnership, UNEP ou ENDA. Nous regrettons toute erreur ou omission que nous pouvons avoir commise de façon involontaire. Cette publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation préalable du détenteur de droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Cette publication ne peut être vendue ou utilisée pour aucun autre but commercial sans la permission écrite préalable du UNEP DTU Partnership.

Remerciements

Le présent rapport de la phase I du projet EBT est le fruit de la collaboration et du soutien de plusieurs départements ministériels, administrations et agences publiques, ainsi que de plusieurs hauts responsables et cadres de ces différents organismes.

Nous tenons à leur présenter nos vifs remerciements et gratitude pour leur appui et encouragement, ainsi que pour les documents, informations et orientations qu'ils ont bien voulu nous fournir. Les secteurs prioritaires ont été choisis lors du workshop national du lancement du projet par les participants et les représentants des différents secteurs impliqués de façons directes et indirectes dans la gestion de ces secteurs. Nous leur présentons nos vifs remerciements.

Nos remerciements sont adressés également :

- ✓ au coordinateur du projet EBT, M. Fathi Bouzghaya point focal du CRTC au Ministère de l'environnement et du développement durable et M. Ezzeddine Lahdhiri, Directeur Général de la DGDD au Ministère de l'environnement et du Développement durable
- ✓ à M. Habib Helali de la direction de la coopération internationale du Ministère de l'agriculture; facilitateur du groupe d'adaptation du projet EBT au niveau du Ministère de l'agriculture et des ressources en eau;
- ✓ à M. Chokri Mezghani, membre du Comité de pilotage du projet EBT, sous-directeur à la DGDD du Ministère de l'environnement et du développement durable pour son appui à la réalisation des ateliers avec le groupe de travail adaptation.
- ✓ à tous les directeurs, cadres et chercheurs des différents départements ministériels, universités et instituts de recherche qui ont participé activement aux travaux des groupes adaptation et atténuation

Enfin, nous remercions vivement nos collègues de l'UDP et du Centre Régional de l'ONG ENDA Energie de Dakar (Sénégal) pour leur soutien et leur accompagnement tout au long de cette phase.

Dr Raoudha Gafrej
Expert national adaptation

Abréviations et acronymes

AFAT : Agriculture, Forêt et Autres utilisations des Terres

AFD : Agence Française de Développement

AMC : Analyse Multicritères

ANGED : Agence Nationale pour la Gestion des Déchets

ANME : Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie

ANPE : Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement

APAL : Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral

APIA : Agence de Promotion des Investissements Agricoles

ARP : Assemblée des Représentants du Peuple

AVFA : Agence pour la Vulgarisation et la Formation Agricoles

BAD : Banque Africaine de Développement

CBD : Convention on Biological Diversity

CC : Changement Climatique

CERTE : entre de recherches et des Technologies des Eaux à Borj Cédria (CERTE

CES : Conservation de l'Eau et du Sol

CITET : Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis

CNCC : Comité National sur les Changements Climatiques

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

CNDD : Commission Nationale du Développement Durable

CNCT : Centre national de la cartographie et de la télédétection

CONNECT : Confédération des entreprises citoyennes de Tunisie

COP : Conférence des parties

CTMA : Caisse Tunisienne d'Assurances Mutuelles Agricoles

CRDA : Commissariat Régionaux de Développement Agricole

DGACTA : Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles

DGEDA : Direction générale des études et de développement agricole

DGDD : Direction Générale du Développement Durable

DGEQV : Direction Générale de l'Environnement et la Qualité de la Vie

DGF : Direction générale des Forêts

DG/FIOP : Direction générale du financement, des investissements et des organismes professionnels

DG/GREE : Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux

DHMPE : Direction de l'hygiène des Milieux et de la protection de l'environnement

DGPA : Direction Générale de la Production Agricole (Ministère de l'Agriculture)

DG/PCQPA : Direction Générale de la Protection et du Contrôle de la Qualité des Produits Agricoles

IDH : Indice de Développement Humain

INDC : Intended nationally. determined contribution

INGC : Institut national des grandes cultures

INM : Institut National de la Météorologie

INRAT : Institut National de la recherche Agronomique de Tunisie

INRGREF : Institut National de la Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts

INS : Institut National de la Statistique

IRESA : Institut de la recherche et de l'enseignement supérieur agricole

MA : Ministère de l'Agriculture

MARHP Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche

MDP : Mécanisme du Développement Propre

MDT : Millions de Dinars Tunisiens

MEDD : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

Mm3 : Million de m3

MTO : Ministère du Tourisme

MTR : Ministère du transport

MSP : Ministère de la Santé Publique

NT : Norme Tunisienne

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

ONAS : Office National de l'Assainissement

ONG : Organisations Non Gouvernementales

OTEDD : Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable

PAM : Plan d'Action pour la Méditerranée

PIB : Produit Intérieur Brut

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation

REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées

SAE : Systèmes d'Alimentation en Eau Potable

SAP : Système d'alerte précoce

SECADENORD : Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord

SIAD : système d'information et d'aide à la décision

SIDD : Système d'Information sur le Développement Durable

SIG : Systèmes d'Information Géographiques

SYNEAU Système d'information sur l'eau

SNCC : Stratégie Nationale sur le Changement Climatique

DG/RE : Direction Générale des Ressources en Eau (Ministère de l'Agriculture)

EBT : Evaluation des besoins technologiques

EE : Economie d'eau

ENDA : Environnement et développement du tiers monde

EUT : Eaux Usées Traitées

EV : Économie Verte

FAO : Food and Agriculture Organization

FEM : Fonds pour l'Environnement Mondial

GDA : Groupement de Développement Agricole

GES : Gaz à Effet de Serre

GIZ: Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agence de Coopération internationale Allemande)

SNE : Stratégie nationale d'économie verte

SNDD : Stratégie Nationale pour le Développement Durable

SONEDE : Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux

STEP : Station d'Épuration

STEG : Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz

TEP : Tonne d'équivalent pétrole

TECO2 : Tonne d'équivalent CO2

TNA : Technogy needs assessment

UE : Union Européenne

UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change

UTICA : Union tunisienne de l'industrie, du commerce et de l'artisanat

VA : Valeur Ajoutée

Liste des figures

Figure 1. Evolution du taux de croissance en Tunisie 13
Figure 2. Projections de la température à l'horizon 2050 (INM, 2015 à gauche et GIZ et MA, 2007) 20
Figure 3. Projections de la pluviométrie à l'horizon 2050 (INM, 2015 à gauche et GIZ et MA, 2007) 21
Figure 4. Projections de la température (à gauche) et de la pluviométrie (à droite) à l'horizon 2100 (INM, 2015) 21
Figure 5. Ressources et consommation d'énergie primaire 24
Figure 6. Structure de la production agricole 24
Figure 7. Notation et classement des différents secteurs analysés 28
Figure 8. Classement des secteurs selon les impacts 29
Figure 9. Structure organisationnelle type du projet EBT 31
Figure 9. Structure organisationnelle du projet EBT en Tunisie 34
Figure 11. Structure organisationnelle du projet EBT en Tunisie 34
Figure 12. Zones inondées par la Medjerda dans le secteur de Medjez El-Bab en mars 1973 et en janvier-février 2003 (Rapport SAP, Phase II) 45
Figure 13. Pertes dues aux inondations en dinars tunisiens de 1982 à 2013 (Source : DESINVENTAR) 46
Figure 14 . Ressources et exploitations des nappes profondes par région 47
Figure 15. Ressources et exploitations des nappes phréatiques par région 47
Figure 16. Evolution pressentie des ressources et des besoins en eaux face au changement climatique 47
Figure 17. Evolution des volumes d'eau rechargés entre 1999-2011 (DGRE, 2011) 49
Figure 18. Plan de recharge des nappes (DGRE 2011) 50
Figure 19. Evolution des superficies irriguées avec équipements d'économie d'eau 51
Figure 20. Situation des stations de dessalement de la SONEDE en Tunisie (SONEDE, 2014) 53
Figure 21. Situation des périmètres irrigués par les eaux usées traitées en 2011 53
Figure 22. Organisation de la chaîne d'alerte et gestion de crise en Tunisie 54
Figure 23. Déclenchement du Plan Bleu 55
Figure 24. Evolution des volumes d'eaux usées traitées et réutilisés 56
Figure 25. Répartition de terres littorales vulnérables à la submersion 59
Figure 26. Carte de vulnérabilité du littoral à l'EANM 60

Liste des tableaux

Tableau 1. Diagnostic du modèle de développement actuel 14
Tableau 2. Axes de développement pour le plan de développement 2016-2020 15
Tableau 3. Schéma de croissance 2016-2020 du plan de développement 19
Tableau 4. Indicateurs clés de l'axe : L'économie verte, pilier du développement durable 19
Tableau 5. Extrait de la SNEV, MEDD 2015. 23
Tableau 6. Synthèse des émissions/absorptions de GES dues 25
Tableau 7. Projection des ressources en eau à l'horizon 2030 intégrant l'impact du changement climatique 26
Tableau 8. Résultats de l'analyse multicritère 28
Tableau 9. iste des membres du comité de pilotage 33
Tableau 10. Choix des critères et leurs pondérations 41
Tableau 11. Notation des technologies pour le secteur de l'agriculture 42
Tableau 12.Pondération des notations des technologies pour le secteur de l'agriculture 42
Tableau 13. Priorisation des options technologiques pour le secteur de l'agriculture 42
Tableau 14. Poids alternatifs pour l'analyse de la sensibilité 43
Tableau 15 . Capacité des stations de dessalement en Tunisie et salinités des eaux brutes 56
Tableau 16. Notation des technologies dans le secteur de l'eau 57
Tableau 17.Pondération des notations des technologies pour le secteur « ressources en eau » 58
Tableau 18. Priorisation des options technologiques pour le secteur de l'eau 58
Tableau 19. Estimation sommaire des différents types de pressions exercées sur les linéaires côtiers 60
Tableau 20. Récapitulatif des espaces potentiellement submersibles[15] 61
Tableau 21. Notation des technologies dans le secteur des zones côtières et marines 64
Tableau 22. Pondération des notations des technologies dans le secteur des zones côtières et marines 65
Tableau 23. Priorisation des options technologiques pour le secteur des zones côtières et marines . 65

Table des matières

Remerciements 1
Abréviations et acronymes 4
Liste des figures 6
Liste des tableaux 7
Résumé 10

1. Introduction 12
   1.1. Contexte national 12
   1.3. Politiques nationales existantes en matière d'innovation technologique, d'adaptation au changement climatique et de priorités de développement 16
   1.4. Evaluations de la vulnérabilité dans le pays 20
   1.5. Sélection des Secteurs 22
      1.5.1. Aperçu du Changement Climatique Attendu et de ses Impacts dans les Secteurs Vulnérables aux Changements Climatiques 26
      1.5.2. Processus et résultats de la sélection de secteur 27
2. Arrangement institutionnel pour le TNA et l'implication des parties prenantes 30
   2.1. Equipe du projet 31
      2.1.1. Coordinateur national du projet 31
      2.1.2. Consultants nationaux 32
      2.1.3. Groupes de travail technologiques sectoriels 32
   2.2. Comité de pilotage national de l'EBT 32
   2.3. Les structures d'appui au projet 33
      2.3.1. UNEP DTU Partnership (UDP) 33
      2.3.2. Les Centres Régionaux 33
   2.4. Processus de Dialogue avec les Parties Prenantes dans le TNA - Évaluation globale 34
3. Priorisation des technologies pour le Secteur « Agriculture » 36
   3.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de l'agriculture 36
   3.2. Contexte de décision 38
   3.3. Options d'adaptation technologique pour le secteur agricole et leurs principaux avantages en matière d'adaptation 39
   3.4. Critères et processus de priorisation des technologies 39
   3.5. Résultats de la priorisation des technologies 42
4. Priorisation des Technologies pour le Secteur « Ressources en eau » 44
   4.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de la gestion des ressources en eau 44
   4.2. Contexte de décision 48
   4.4. Critères et processus de priorisation des technologies 57
   4.5. Résultats de la priorisation des technologies 57
5. Priorisation des Technologies pour le Secteur « gestion des zones Côtières et maritimes » 59
   5.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de la gestion des zones Côtières et maritimes 59
   5.2. Contexte de décision 62
   5.3. Options d'adaptation technologique pour le Secteur « gestion des zones côtières et maritimes » et leurs Principaux Avantages en matière d'Adaptation 63
   5.4. Critères et processus de priorisation des technologies 64
   5.5. Résultats de la priorisation des technologies 64
6. Résumé et conclusions 66
7. Liste des références 67

8. Annexe I: Fiches Technologiques pour les technologies sélectionnées 71
9. Annexe II: Liste des parties prenantes impliquées et leurs coordonnées /Liste des ateliers avec le groupe adaptation et des réunions bilatérales 132
10. Annexe III : Fiches de présences aux ateliers 135

Résumé

Le Rapport de la phase I de l'évaluation des besoins technologiques pour l'adaptation au changement climatique pour la Tunisie a été réalisé conformément aux directives de l'UNEP et UNEP DTU Partnership et du processus TNA retenu pour les pays de la phase II. Ce processus a démarré par la mise en place d'une équipe TNA qui s'est organisée pour appuyer et accompagner ce processus.

La documentation abondante dans les différents secteurs en terme d'adaptation au changement climatique ainsi que l'élaboration en cours du plan de développement 2016-2020, ont été aussi un élément clé de la réussite de ce processus.

Le choix des secteurs analysés dans ce rapport s'est basé sur l'analyse des orientations stratégiques du pays pour faire face aux différents défis auxquels les secteurs économiques et les ressources naturelles font face et aussi pour répondre aux revendications sociales en terme d'emploi et d'amélioration de la qualité de vie. En effet, la fragilité de la situation socio-politique de l'après révolution conjuguée avec les impacts identifiés du changement climatique doivent être considérés simultanément pour atteindre les objectifs du développement alternatif que la Tunisie s'est fixé et qui repose tout particulièrement sur la transition vers une économie verte garante de la durabilité du développement.

Les secteurs de l'agriculture, des ressources en eau et des zones côtières et marines ont été retenus compte tenu du poids que ces secteurs représentent dans l'économie du pays et de leurs vulnérabilités au changement climatique. En effet, l'agriculture qui représente jusqu'à 12% du PIB risque des pertes en cas de sècheresse qui pourraient atteindre 22% du PIB agricole. Les ressources en eau déjà fragiles et limitées (385 m^3/hab./an) risquent une réduction de 28% face aux impacts du changement climatique. Le littoral quant à lui risque de perdre jusqu'à 116.130 ha de terres à cause de sa vulnérabilité à la submersion. Cette vulnérabilité est le résultat d'une augmentation de la température de plus de 2°C à l'horizon 2050 et une baisse de la pluviométrie de 10 à 29% ainsi qu'élévation accélérée du niveau de la mer évaluée à 100 cm à l'horizon 2100.

Ainsi et conformément aux orientations stratégiques, aux acquis du pays et compétences dans les secteurs retenus, des engagements de la Tunisie pour la réduction des gaz à effet de serre, etc., des technologies ont été identifiées pour les trois secteurs qui ont été priorisés dans le cadre de ce projet EBT en terme d'adaptation.

Pour le secteur « de l'agriculture », 7 technologies ont été identifiées à savoir : l'agriculture de conservation, la carte agricole nationale ; un mécanisme de payement des services environnementaux, l'assurance climatique pour l'agriculture, l'équipement des points d'eau d'énergie photovoltaïque, l'agriculture mixte et la valorisation des eaux usées traitées en agriculture. La priorisation en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux technologies qui sont l'agriculture de conservation et le mécanisme de payement des services environnementaux pour les forêts.

Pour le secteur « des ressources en eau », 7 technologies ont été identifiées à savoir : la collecte des eaux pluviales, la recharge de nappe dans le gouvernorat de Zaghouan, le système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des crues, le réseau d'eau potable intelligent, le dessalement d'eau de mer à Kerkennah, la recharge de nappe de Grombalia et la recharge de nappe de Sisseb. La priorisation en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux technologies qui sont le système d'alerte précoce pour la haute vallée de la Medjerda.et le réseau d'eau potable intelligent.

Pour le secteur «zones côtières et marines », 5 technologies ont été identifiées à savoir : le management du littoral, le système d'information et d'aide à la décision, le système d'indicateurs environnemental du littoral, le réaménagement et protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles et la promotion des pratiques agricoles dans les zones littorales. La priorisation, en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux technologies qui sont le management du littoral et renforcement du système d'information et d'aide à la décision (SIAD).

1. Introduction

1.1. Contexte national

Située en bordure de mer Méditerranée avec une façade maritime de 1733[1] km et séparée de l'Europe par une distance de 140 km, la Tunisie couvre une superficie de 164.000 km^2 découpé en 24 gouvernorats, 264 municipalités ou agglomérations urbaines et six régions de planification. Selon le recensement général de la Tunisie de 2014[2], la population totale est 10982754 habitants constituée de 50,2% de femmes et formant 2712976 ménages. Le chômage est de 15,3%[2] avec une forte disparité entre les régions. La population active compte 3.866.500 personnes. Près de 70% de la population est concentrée sur le littoral.

La Tunisie est un pays aride sur les 2/3 du territoire. Le climat est largement influencé par les vents marins et sahariens et par la chaîne de la Dorsale Tunisienne. Il est subhumide à l'extrême Nord, semi-aride au Nord-ouest et au Cap Bon, aride dans la Tunisie centrale et désertique pour tout le Sud. Les températures moyennes pour l'ensemble du pays sont de 12°C en décembre et de 30°C en juillet. L'été caractérisé par la circulation du sirocco appelé « shehili » peut élever la température au-dessus de 40 °C. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 1500 mm à l'extrême Nord à environ 380 mm au Centre du pays et moins de 150 mm dans l'extrême Sud-Ouest. L'évaporation potentielle annuelle varie de 1200 mm au Nord à 1800 mm au Sud.

La pluviométrie annuelle est très variable et très irrégulière sur les régions. En année moyenne, la Tunisie reçoit 36 Milliards de m^3, 11 Milliards de m^3 en année sèche et environ 90 Milliards de m^3 en année pluvieuse. Malgré ces apports relativement importants, le potentiel en eau n'est que de 4,8 Milliards de m^3 par an, ce qui indique une disponibilité des ressources renouvelables d'eau bleue de l'ordre de 385 m^3 par an et par habitant. La mobilisation des ressources en eau de surface a presque atteint la limite des 95%. Près de la moitié des ressources en eau sont mobilisées par les grands barrages, 5% proviennent des barrages et lacs collinaires, et le reste provient des eaux souterraines.

A la fin de l'année 2014, la Tunisie compte 33 barrages dont la capacité de retenue totale actuelle est de 2,242 milliards de m^3, 253 barrages collinaires d'une capacité totale de 266 millions de m^3, et 893 lacs collinaires d'une capacité totale de 93 millions de m^3. De ce fait, et sans même intégrer l'impact du changement climatique, la Tunisie vit déjà sous un stress hydrique.

La Tunisie comporte 5% de zones humides, 32% de terre cultivées, près de 13% de forêts, 0,5% de terres urbanisées et 50% de terres inexploitées dont le désert occupe la plus grande partie.

L'aridité conjuguée à la forte pression humaine sur les ressources naturelles et les écosystèmes constituent les menaces sur la durabilité des services environnementaux que les écosystèmes fournissent à l'économie Tunisienne. De plus, le pays est très vulnérable aux risques naturels liés à la variabilité et aux changements climatiques, notamment les sécheresses, les inondations provoquant des glissements de terrain et les crues torrentielles. Le pays connaît généralement des inondations suite à des années de sécheresse à intervalle de 4 à 5 années : une quarantaine d'inondations dévastatrices ont causé des pertes importantes en vies humaines, des dégâts matériels considérables sans compter les risques d'accidents technologiques. Consciente de l'importance de la protection des écosystèmes et de la biodiversité, la Tunisie dispose de 41 sites RAMSAR dont 15 listés en février 2012 et 40 aires protégées (17 parcs nationaux et 27 réserves naturelles) par une réglementation et des services de surveillance permanents[3]. Cinq sites littoraux (Galite, partie marine de Cap Negro/Cap Serrat, Zembra, Kuriat, Nord-est de Kerkennah) ont été érigés en parc marin où l'APAL

[1] République Tunisienne, 2015. Le littoral Tunisien, Atlas de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer
[2] www.ins.nat.tn
[3] République Tunisienne, 2014. 5eme rapport national sur la diversité biologique

mène depuis plusieurs années des activités de gestion opérationnelle des aires protégées en se basant sur l'article 9 de la loi de création de l'APAL pour les zones littorales décrétées sensibles. La Tunisie compte plus de 2200 espèces végétales, environ 550 espèces animales et plus de 670 espèces d'invertébrés.

Malgré la fragilité de ses écosystèmes, la Tunisie a réussi à réaliser des performances certaines en matière de croissance économique depuis plusieurs décennies. C'est ainsi que le taux de croissance a atteint des niveaux respectables sur une longue période, comme le montre le graphique ci-dessous.

Ces niveaux d'une moyenne de 5% par an (sans compter les années post révolution) ont conduit certains, à qualifier la Tunisie de dragon de l'Afrique.

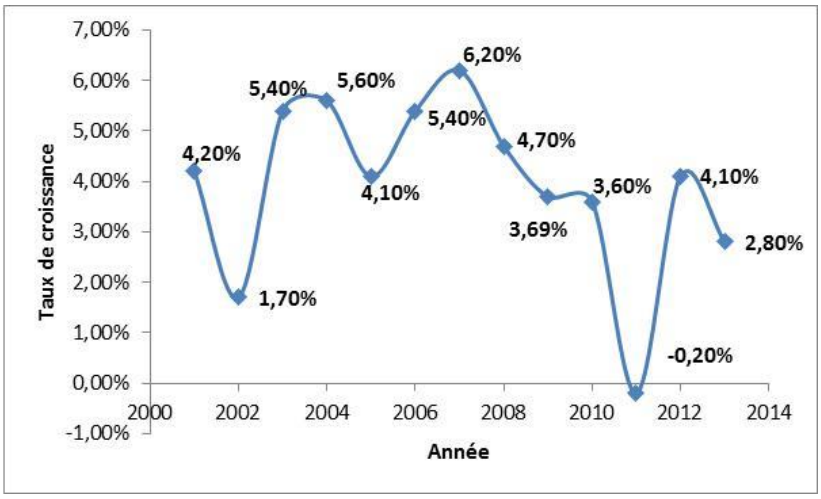


Figure 1. Evolution du taux de croissance en Tunisie

Mais depuis la révolution ce taux ne cesse de diminuer pour atteindre 1,6% sur la période 2011-2014 avec un PIB par personne de 7800 dinars et les prévisions sont à la baisse vers un taux de 1% pour l'année 2015[4] . Cette baisse du PIB est accompagnée d'une baisse des investissements aussi bien publics que privés due en grande partie aux problèmes sécuritaires et à l'instabilité politique.

Les résultats du diagnostic du modèle de développement actuel qui a été élaboré dans le cadre de la préparation du plan de développement 2016-2020 (tableau ci-dessous) sont repris en chiffres ci-dessous :

- ✓ Au niveau du schéma de croissance et de l'emploi, le taux de chômage qui a atteint 15,2% au premier trimestre de 2015 avec 28,2% pour les diplômés de l'enseignement supérieur ;
- ✓ La contribution de l'investissement à l'effort de croissance a fait ressortir que :
    - Les investissements représentent 18,5% du PIB en 2015 alors qu'il est de 30% pour le Maroc, 27% pour la Malaisie et 23% en Roumanie ;
    - L'indice de développement régional inégal entre les régions côtières et les régions intérieures.
- ✓ Au niveau du cadre institutionnel et bonne gouvernance, la situation est caractérisée par :
    - La prolifération du commerce parallèle (commerce parallèle qui a atteint rien que pour le carburant 20% de la consommation)[4] ;
    - Accroissement de la corruption ;
    - La faible efficacité administrative.

[4] Note d'orientation du gouvernement pour le plan de développement 2016-2020

- ✓ La politique sociale fait ressortir qu'actuellement une personne sur 6 vit sous le seuil de pauvreté
- ✓ Au niveau des équilibres financiers, il a été noté :
  - Un déficit public de 4,8% du PIB en 2014 ;
  - Un déficit courant de 8,9% ;
  - Un indice des prix à la consommation de 5,5% en 2014.
- ✓ Au niveau des ressources naturelles et de la protection de l'environnement, la dégradation de l'environnement a été évaluée en 2007 à 2,7% du PIB
- ✓ La situation de la Tunisie dans son environnement extérieur est caractérisée par :
  - Des exportations concentrées sur 4 pays européens
  - Faible valeur ajoutée
  - Faible intégration dans les chaines de valeurs mondiales

Tableau 1. Diagnostic du modèle de développement actuel[4]

(1) Schéma de croissance&contenu en emploi	(2) Contribution de l'investissement à l'effort de développement	(3) Développement régional	(4) Cadre institutionnel et bonne gouvernance
+ Croissance moyenne de 4,5% pendant la période 1984/2010 - Croissance à faible contenu en emploi - Essoufflement du modèle de développement basé sur des avantages comparatifs des secteurs traditionnels - Taux de croissance inférieur au taux de réduction de la pauvreté (une croissance non-inclusive)	+ Le taux d'investissement public a été de 8% du PIB jusqu'en 2000 puis 6% - Infrastructure logistique limitée et problèmes fonciers complexes - Difficulté d'accès aux marchés et aux sources de financement - Système d'incitation aux investissements peu efficace -IDE faible et à plus de 50% dans le secteur énergétique	+ Investissement par habitant élevé dans les régions de l'intérieur + Importants atouts dans les régions de l'intérieur - Infrastructure limitée dans les régions de l'intérieur et peu propice à l'investissement privé - Régions non reliées efficacement aux ports et aux grands centres urbains	+ Structures administratives et cadre institutionnel relativement solide permettant d'assurer la continuité de l'Etat - Politiques économiques peu efficaces - Absence d'une bonne gouvernance et propagation de la corruption - Aggravation du commerce parallèle
(5) Politiques sociales	**(6) Equilibres financiers**	**(7) Ressources naturelles & protection de l'environnement**	**(8) La Tunisie dans son environnement externe**
+ Amélioration continue de l'indice de développement (IDH) - Augmentation du chômage - Redistribution des revenus peu équitables - Faiblesse du système de formation et d'éducation - Détérioration du niveau de vie de certaines catégories sociales et stagnation de pauvreté à des niveaux élevés	+ Amélioration du classement de la Tunisie avant la révolution + Respect des engagements internationaux de la Tunisie - Creusement du déficit budgétaire et accroissement de la dette publique - Creusement du déficit de la balance commerciale, hausse considérable des besoins de financement extérieur et détérioration du taux de change - Augmentation de l'inflation - Dégradation de la notation pendant la phase de transition	- Adoption de modèle de production de consommation énergivore - Urbanisation excessive suite à la migration intérieure vers les grandes villes et faible maitrise des réserves foncières - Déclin naturel de la production énergétique	+ Impacts favorables de la révolution numérique et du progrès technologique - Concentration des exportations sur un nombre limité de marchés traditionnels

Basée sur ce diagnostic, la note d'orientation du gouvernement a retenu pour le modèle de développement alternatif 6 axes de développement comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Axes de développement pour le plan de développement 2016-2020

(1) La bonne gouvernance et les reformes			
(2) D'une économie à faible coût à un hub économique	**(3)** Développement humain et inclusion sociale	**(4)** Concrétisation des ambitions des région	**(5)** L'économie verte, moteur du développement durable
1. Diversification du tissu économique à contenu élevé en emplois 2. Promotion de l'investissement et amélioration du climat des affaires 3. Amélioration des capacités d'exportation et renforcement de l'intégration dans l'économie mondiale 4. Promotion de l'économie numérique en tant que vecteur de développement	1. Développement humain 2. Promotion sociale	1. Promotion du développement des régions et amélioration de leur attractivité 2. Développement du système de financement du développement régional 3. Amélioration des conditions de vie aux niveaux local et régional 4. Développement de la décentralisation	1. Aménagement du territoire équitable en respect des équilibres écologiques 2. Optimisation de la gestion des ressources naturelles 3. Protection de l'environnement 4. Adoption des méthodes propres de production et de consommation 5. Réduction des risques de catastrophes naturelles et technologiques
(6) Schéma de croissance de la période 2016-2020			

1.2. A propos du projet EBT

Depuis le sommet de Rio en 1992, le transfert de technologies a été au centre de l'attention de la communauté internationale. En effet, les questions liées au transfert de technologies ont été inscrites dans l'Agenda 21 et dans les articles 4.3, 4.5 et 4.7 de la Convention CCNUCC. En réponse à cette attention, un programme stratégique de Poznan sur le transfert de technologies a été approuvé par la COP 14 et couvre trois volets de financement :

- ✓ les évaluations des besoins technologiques (EBT) ;
- ✓ le pilotage de projets technologiques prioritaires ;
- ✓ la diffusion des technologies éprouvées.

Dans le contexte du processus de la CCNUCC, le projet de l'Evaluation des Besoins Technologiques (EBT) est un ensemble d'activités d'envergure nationale visant essentiellement à identifier et classer par ordre de priorité les technologies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Il a pour but d'aider les Parties pays en développement à identifier et à analyser leurs besoins technologiques prioritaires, qui peuvent servir de base à un portefeuille de projets et de programmes technologiques respectueux de l'environnement pour faciliter le transfert de technologies vertes tant pour l´adaptation que pour l´atténuation.

Après la réussite de la première phase du projet « EBT » qui a couvert 36 pays, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) ont initié un second cycle d'Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) : il s'agit de la deuxième phase du projet « EBT » qui couvre 26 pays dont la TUNISIE.

La mission d'Evaluation des Besoins en Technologies pour la TUNISIE vise l'élaboration, à travers un large processus participatif des acteurs clés concernés (parties prenantes), d'un Plan d'Action Technologique en matière d'atténuation et d'adaptation aux GES, permettant d'adopter et de diffuser des technologies susceptibles de contribuer à la réalisation des objectifs que la Tunisie s'est fixée pour le développement de son économie verte.

Le processus de concertation avec les parties prenantes en vue de lancer le projet « EBT » en TUNISIE s'est déroulé à travers un workshop sur la période du 27 au 30 Avril 2015 au Centre International des Technologies de L'Environnement de Tunis (CITET). Ce processus a été largement participatif avec la participation des différents secteurs concernés (Environnement, Tourisme, Agriculture, Industrie, Transport, Recherche Scientifique, Finances) ainsi que le secteur privé (UTICA : Union Tunisienne pour L'industrie, le Commerce et l'Artisanat), la société civile (ONG), la GIZ, experts nationaux, et d'autres parties concernées.

Le workshop a été animé d'une part, par l'expert représentant de l'UDP (MR. Dennis DESGAIN) ainsi que par l'expert représentant du Centre Régional ENDA-Énergie en Afrique (MR. El hadji Mbaye DIAGNE), d'autre part, par les membres du Comité Directeur et du Pilotage du projet ainsi que par le Coordinateur National du projet (MR. BOUZGHAYA Fethi)[5].

A l'issu de cet atelier, l'accord de réalisation du projet EBT en Tunisie a été signé entre le centre UNEP DTU Partnership et le Ministère de l'environnement et du développement durable.

1.3. Politiques nationales existantes en matière d'innovation technologique, d'adaptation au changement climatique et de priorités de développement

Depuis sa ratification de la CCNUCC et du protocole de Kyoto, la Tunisie n'a cessé de travailler sur une meilleure connaissance des impacts du changement climatique sur les secteurs clés de l'économie et sur les écosystèmes vulnérables.
En effet, l'évaluation de la vulnérabilité du littoral Tunisien à une élévation accélérée du niveau de la mer a été réalisée en 2001 et a servi d'ailleurs à la confection de la communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Depuis différentes stratégies nationales ont été élaborées pour identifier les mesures d'adaptation au changement climatiques du secteur de l'agriculture et des écosystèmes en 2007, de la santé en 2010 du Tourisme en 2011, de changement climatique en 2012 et du littoral en 2012. Aussi différentes études d'analyse de la vulnérabilité ont été conduites pour l'olivier, les forêts, l'alpha, etc. Toutes ces réalisations ont servi à alimenter la seconde Communication Nationale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques soumise à l'UNFCC en décembre 2013.

Les défis de la durabilité du développement en Tunisie ont été étudiés et formulés dans la stratégie nationale de développement durable 2016-2020 (SNDD) qui s'est basée sur une analyse et synthèse des principaux programmes de développement en Tunisie dans l'ensemble des secteurs de développement socioéconomiques et des stratégies sectorielles renforcés par les résultats d'un ensemble des concertations avec les principaux partenaires concernés. La SNDD a retenu 9 défis de la durabilité en Tunisie en termes d'objectifs majeurs que la Tunisie devra surmonter dans l'avenir :

1. Instaurer une consommation et une production durables intégrant le concept d'économie verte ;
2. Promouvoir une économie performante, renforcer l'équité sociale et lutter contre les disparités régionales ;
3. Gérer durablement les ressources naturelles ;

[5] La couverture médiatique été très intense à travers des interviews diffusés en direct sur les radios nationales et régionales (RTCI, RADIOS DES JEUNES, RADIO EL KEF, RADIO MEDENINE) et des articles sur la PRESSE ELECTRONIQUE du TAP (Agence Tunis Afrique de presse / Articles en langue Arabe et en langue Française apparus le 27/04/2015).

4. Promouvoir un aménagement du territoire plus équilibré s'appuyant sur un transport performant et durable ;
5. Promouvoir une meilleure qualité de vie pour les citoyens ;
6. Développer l'efficacité énergétique et promouvoir les énergies renouvelables ;
7. Renforcer les capacités d'adaptation au changement climatique ;
8. Promouvoir la société du savoir ;
9. Adapter la gouvernance pour une meilleure promotion du développement durable.

Consciente de la fragilité de son modèle de développement actuel, la Tunisie est en cours de finalisation de sa stratégie nationale d'économie verte (SNEV) qui a intégré aussi bien l'atténuation que l'adaptation au changement climatique pour le développement résilient au climat. De ce fait, les secteurs retenus dans le cadre de la SNEV sont : l'agriculture, les déchets, les forêts, l'eau, le bâtiment, l'industrie, le transport, l'énergie et le tourisme.

Au niveau de l'agriculture, et afin de surmonter les défis majeur de ce secteur clé de l'économie tunisienne, le scénario économie verte a été construit autour de six filières et/ou opportunités à savoir : l'agriculture biologique, la réutilisation des eaux usées traitées, la pérennisation des systèmes d'alimentation en eau potable gérés par les GDA, la maitrise de l'énergie, la protection et la préservation des ressources naturelles, l'économie et l'efficience de l'usage de l'eau en irrigation. Les investissements supplémentaires par rapport au scénario tendanciel actuel ont été évalués à 1100 MDT sur cinq années. Ces investissements auront pour objectifs d'atteindre un taux d'équipement des périmètres irrigués par des équipements d'économie d'eau de 100% et une amélioration de l'efficience de l'usage de l'eau pour atteindre une valeur ajoutée de 0,55 DT constant par m^3, un taux de réutilisation des eaux usées traitées de 60%, une gouvernance revue, améliorée et adaptée des systèmes d'alimentation en eau gérés par les GDA, la maitrise de l'énergie dans le secteur de l'agriculture et de la pêche qui permettrait une économie de 30% à l'horizon 2030. Ce scénario permet aussi de traiter et de protéger 1,7 million d'ha de terres menacées sévèrement par l'érosion et la perte de fertilité. Au niveau de l'agriculture biologique, le scénario économie verte retient une évolution des terres à vocation biologique à 1,5 Million d'ha à l'horizon 2030. Les impacts de ce scénario seraient la création d'environ 74400 emplois cumulés sur la période de 2015 à 2030 et une réduction cumulée des émissions de CO2 évaluée à 0,86 MtéCO2. Ce scénario permet une réduction du déséquilibre régional, une diminution des contraintes sur les ressources en eau et en sol, une agriculture moins polluante ainsi qu'une meilleure productivité des superficies irriguées.

Pour le secteur de l'eau, élément clé du développement socio-économique qui souffre d'une surexploitation, d'une pollution, d'une dégradation de la qualité (salinisation et polluants divers) et d'une forte vulnérabilité au changement climatique (régressions compte tenu de l'augmentation des besoins et des impacts futurs du changement climatique pouvant réduire la disponibilité des ressources de 28%)[6], est appelé à surmonter tous ces défis environnementaux majeurs. Les besoins importants du secteur agricole fragilisent les ressources en eau et en sol par l'usage des eaux de forte salinité, une mobilisation croissante des eaux des bassins versants qui réduit les services des écosystèmes indispensables à la disponibilité de l'eau. Aussi, la forte surexploitation des nappes littorales couplée aux risques liés à l'élévation accéléré du niveau de la mer du au changement climatique engendre l'intrusion marine et donc la perte des revenus de l'agriculture littorale. La majorité de ces défis sont résumés par le coût de dégradation de l'eau évalué par la banque mondiale en 2007 à 0,6% du PIB.

Pour sécuriser l'approvisionnement en eau et lutter contre la pollution due à l'utilisation de l'eau, le scénario économie verte a retenu les technologies permettant la sécurisation de l'alimentation en

[6] Ministère de l'agriculture et des ressources hydriques et GIZ, 2007. Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques, rapport 2eme phase : Cahiers de 1à 7.

eau potable en zone urbaine, l'alimentation en eau potable des zones rurales, la généralisation du service de l'assainissement et la réhabilitation de l'existant, la gestion des eaux industrielles, l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées, le renforcement du partenariat public privé au niveau des activités de l'ONAS ainsi que la maitrise de l'énergie dans le secteur. Les investissements dans ces filières ont été évalués à 4300 MDT et permettent d'améliorer et de sécuriser l'accès à l'eau potable et à l'assainissement qui conduit principalement aux gains sur la santé tels que la réduction de la présence et la transmission d'agents pathogènes (réduisant ainsi l'incidence de la diarrhée et autres maladies).

L'amélioration de la qualité de la vie est fortement liée à la gestion efficace des déchets. Dans ce contexte, le scénario économie verte a pour objectif de réduire les coûts de dégradation de l'environnement dus aux déchets évalués à 0,3% du PIB en 2004, les filières retenues visent l'atteinte d'un taux de collecte de 100% et une gestion verte des déchets. Des objectifs ambitieux pour le scénario économie verte ont été ainsi développés par la création d'une nouvelle génération de cinq décharges contrôlées, la mise en place d'unités industrielles de compostage et de valorisation énergétique de la biomasse et le renforcement des filières de recyclage existantes. Les quantités compostées pourront atteindre environ le 1/5ème des besoins de l'agriculture en compost. Le scénario proposé par la SNEV nécessite un investissement dans le secteur des déchets d'environ 1000 MDT afin d'atteindre les objectifs à l'horizon 2030 de 100% de couverture de la collecte des déchets (3,5 millions de tonnes en 2030) , 0% de déversement illégal ou d'incinération sauvage, 50% de recyclage de verre, papier, plastiques et métaux ; 70% de recyclage des déchets de construction et de démolition, 65% de compostage des déchets biodégradables détournés des décharges.

Au niveau des forêts tunisiennes et des parcours qui couvrent une superficie de 5,7 Millions d'ha (dont 4,4 Millions d'ha pour les parcours), abritant 44 aires protégées et 40 zones humides classées zones Ramsar, soit une richesse écologique et une biodiversité de haute valeur, le défi environnemental majeur est le changement climatique dont les conséquences directes sont une augmentation des risques de feux de végétation, notamment spontanés. Le Nord de la Tunisie serait particulièrement affecté par une telle évolution. Les conséquences seront très néfastes sur l'équilibre agro-écologique et donc sur l'agriculture, l'approvisionnement en eau des barrages et également l'accessibilité des bovins et autres espèces animales à l'espace pastoral. Cet impact majeur du changement climatique vient se rajouter à la pression humaine exercée sur la forêt et les parcours qui les fragilisent par la surexploitation et par une urbanisation peu contrôlée.

La vulnérabilité de la population forestière (800.000 personnes) est exprimée par un taux de chômage de 40% et un taux de pauvreté de 45%. Les revenus de la population sont intimement liés à la forêt et aux parcours puisque la part du revenu forestier dans le revenu total des ménages est d'environ 40% en moyenne et jusqu'à 60% dans certaines régions. De ce fait et même si la fonction de conservation et protection est une priorité absolue, la première contrainte soulignée est celle de répondre aux attentes des populations forestières et péri-forestières afin de garantir la durabilité des fonctions des forêts et parcours. Dans cet objectif, les filières retenues pour un scénario économie verte concernent l'aménagement forestier, le reboisement, la réduction du surpâturage et la lutte contre les feux de forêts dont l'investissement global a été évalué à 600 MDT y compris de mesures de renforcement du cadre institutionnel et juridique de la Direction Générale des Forêts. Compte tenu de ces hypothèses, la situation du secteur forestier sera nettement améliorée à l'horizon 2030 avec une exploitation des ressources naturelles raisonnée et un déséquilibre régional fortement réduit.

Nous rappelons que les priorités nationales en termes de développement ont également été dictées par le cadre institutionnel fort en faveur du développement durable reconnu par la constitution du 27 Janvier 2014[7] qui fournit le cadre suprême en faveur du développement durable. En effet, la

[7] Article 13 de la constitution Tunisienne

création d'une instance constitutionnelle indépendante œuvrant au renforcement de la démocratie sur le développement durable et les droits des générations futures en est la preuve. En plus cette instance sera impérativement consultée pour les projets de lois relatifs aux questions économiques, sociales, environnementales, ainsi que pour les plans de développement.

La mise en œuvre de cette instance constitutionnelle, de la commission spécialisée au sein de l'assemblée des représentants du peuple et d'autres instances nécessaires à la mise en application de la constitution est un atout pour assurer la durabilité du développement du pays. De plus, la nouvelle constitution protège le droit à l'eau et intègre dans son article 44 la protection du climat puisque l'Etat doit garantir un environnement sain et équilibré et doit participer à la sécurité du climat en fournissant les moyens nécessaires.

Enfin et compte tenu de l'élaboration en cours du plan de développement 2016-2020, les priorités du pays en terme de développement pour tous les axes de développement tel que présenté en introduction de ce rapport ont été exprimés en chiffres afin d'aboutir au schéma de croissance ci-dessous.

Tableau 3. Schéma de croissance 2016-2020 du plan de développement

Prix courants	**2011-2015**	**2016-2020**
Croissance		
Croissance moyenne du PIB aux prix du marché	1,50%	5,00%
Consommation		
Consommation publique	5,40%	4,30%
Consommation privée	4,10%	4,40%
Investissements (Prix courants)		
FBCF en MD	77 048	125 000
Moyenne de la période	0,90%	17%
Taux d'investissement (fin de période)	18,50%	25%
Taux de chômage	**15,20%**	**11%**
Echanges commerciaux		
Exportation biens et services	-0,70%	6%
Importations biens et services	-0,10%	5,20%
Revenus (DT)	**8283**	**12400**
Epargne		
Taux d'épargne/RNDB	10,50%	17,70%
Balance ds paiements		
Défit courant (fin de période)	8,50%	6,80%
Inflation (fin de période)	5,40%	3,60%

Et plus partiulièrement,pour l'axe 5 (Tabeau 2) relatif à l'économie verte, pilier du développement durable, les principaux indicateurs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 4. Indicateurs clés de l'axe : L'économie verte, pilier du développement durable

(1)	Aménagement du territoire équilibré qui intègre toutes les régions et qui respecte l'environnement		>	. Introduire les indicateurs internationaux de préservation de l'environnement dans le système de mesure du développement des secteurs et des régions
(2)	Maitrise et rationalisation de l'utilisation des ressources naturelles	1. Maitrise de l'utilisation des ressources hydriques	>	. Passer d'un taux de mobilisation des ressources hydriques de 92% à 95% en 2020 . Passer d'un taux de rendement du réseau d'eau potable de 72,6% à 80% en 2020
		2. Protection de l'environnement		. Assurer un taux de desserte en eau potable en milieu rural 96% en 2020 . Réutiliser 50% des eaux épurées
		3. Agriculture moderne garante de la sécurité alimentaire	>	. Augmenter le taux de croissance du secteur agricole d'une moyenne annuelle de 5% pendant 2016-2020 . Augmenter la part des produits alimentaires dans les exportations
(3)	Protection de l'environnement et du milieu naturel		>	. Atteindre un taux de valorisation des déchets de 50% à l'horizon 2020
(4)	Maitrise de la consommation d'énergie		>	. Augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique de 3% à 12% en 2030 . Réduire l'intensité énergétique de 3% annuellement
(5)	Réduction des risques des catastrophes naturelles et technologiques		>	. Augmenter le taux de branchement au réseau public d'assainissement dans les communes prises en charge par l'ONAS de 85,9% à 90% en 2020

1.4. Evaluations de la vulnérabilité dans le pays

Comme tous les pays de l'Afrique, la Tunisie n'échappera pas aux impacts du changement climatique phénomènes malgré ses émissions insignifiantes de GES comparées à la moyenne mondiale. Les modèles de simulation du climat actuellement disponible à l'échelle du pays[8] prévoient pour la Tunisie:

- Une augmentation moyenne annuelle de la température sur l'ensemble du pays de +1,1 °C à l'horizon 2030 et +2,1 °C à l'horizon 2050. L'amplitude de cette augmentation de température varierait d'une zone à une autre. Elle est en moyenne de 1,6 °C dans la région du Nord, 2,1°C dans le Centre et 2,7°C dans la région du Sud.
- Une baisse du volume annuel des précipitations qui varie selon les zones de 10% au Nord à 30% au Sud, à l'horizon 2050, par rapport à la situation actuelle. Cette baisse s'accompagnera très probablement par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches.

Ces résultats sont renforcés par les projections climatiques réalisées en 2015 par l'institut national de la météorologie (INM) qui en se basant sur un downscaling des résultats du 4eme rapport du GIEC et sur une maille de 25 km^2, offrent les résultats suivants à l'horizon 2050 :

- Une baisse comprise entre 2% à 16% pour les précipitations sur l'ensemble du territoire par rapport à la période 1961-1990. Les côtes du centre et du sud restent moins vulnérables aux changements, comparées aux autres régions du pays.
- les moyennes de température à l'horizon 2050 vont augmenter entre 1,4 et 2,1°C sur l'ensemble du pays par rapport à la moyenne calculée sur la période 1961-1990 selon la moyenne d'ensemble des modèles. Cette hausse est plus importante sur l'extrême sud de la Tunisie.
- L'intérieur du pays reste plus vulnérable aux changements climatiques par rapport aux zones côtières pour les deux paramètres.

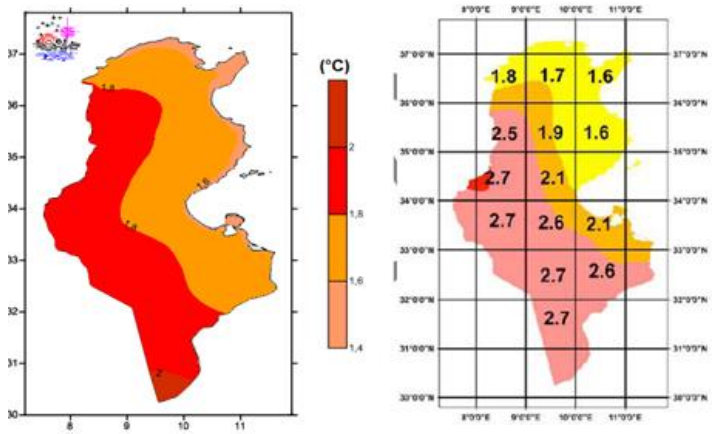


Figure 2. Projections de la température à l'horizon 2050 (INM, 2015 à gauche et GIZ et MA, 2007)

[8] Stratégie nationale d'adaptation du secteur agricole et des écosystèmes au changement climatique. Ce sont les résultats de cette étude qui ont servi à élaborer toutes les stratégies d'adaptation au changement climatique des différents secteurs y compris celle du littoral

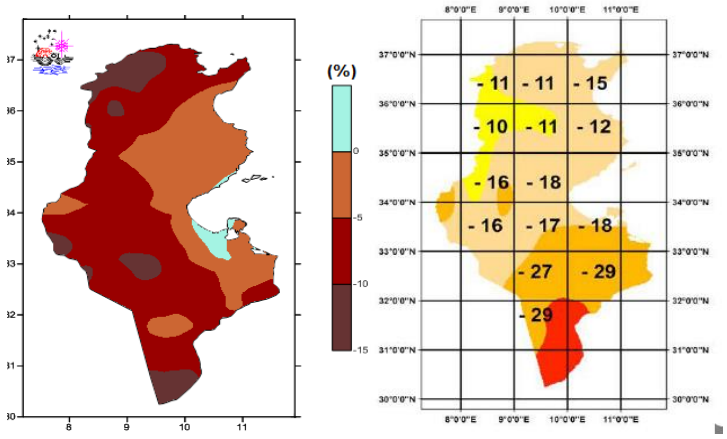


Figure 3. Projections de la pluviométrie à l'horizon 2050 (INM, 2015 à gauche et GIZ et MA, 2007)

L'INM a offert à la Tunisie les projections climatiques à l'horizon 2100 qui se manifestent comme suit :

- Les moyennes de précipitation vont connaitre une diminution plus importante. Cette diminution est robuste et significative. En moyenne, cette diminution va varier entre 10% et 35% et peut atteindre 60% sur certaines régions d'après quelques modèles.
- Les moyennes de températures sur l'ensemble du pays vont augmenter d'une manière significative. Une augmentation de la température moyenne comprise entre 1,9°C et 2,9°C (moyenne d'ensemble de huit modèles). Cette augmentation est plus accrue pour certains modèles et s'accroît-ensuivant un axe est/ouest.

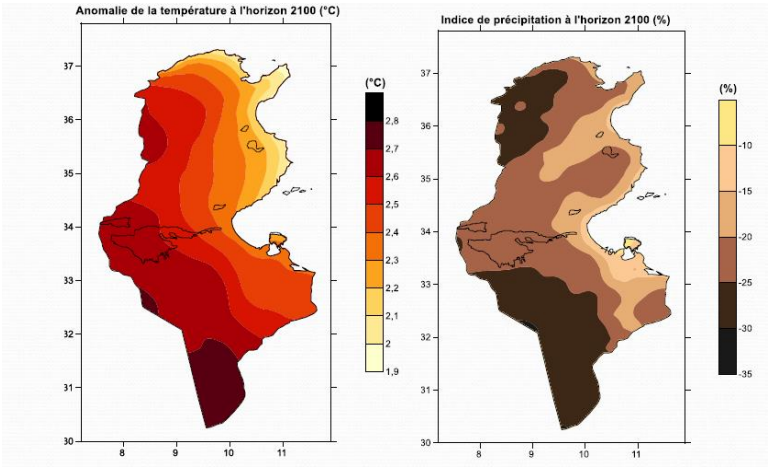


Figure 4. Projections de la température (à gauche) et de la pluviométrie (à droite) à l'horizon 2100 (INM, 2015)

La vulnérabilité du littoral qui s'étend sur 2290 km, du fait de l'élévation accélérée du niveau de la mer a été étudiée par l'APAL pour un scénario pessimiste d'élévation de 100 cm à l'horizon 2099. Selon le rapport de l'INDC de la Tunisie, les pertes en capital productif atteindraient 2 milliards US$. Les pertes en production annuelle sont estimées à environ 0,5% du PIB actuel (tourisme (55%) et agriculture (45%). Les pertes d'emplois sont estimées à environ 36.000 emplois essentiellement dans l'agriculture et le tourisme.

Comme précisé, les études climatiques ciblant la Tunisie ont montré une importante exposition du pays face aux changements climatiques, d'où une grande vulnérabilité de son économie, de sa population et de ses écosystèmes. Les changements climatiques affectent plus particulièrement les

régions rurales et celles de l'intérieur qui sont fortement dépendantes des ressources agricoles et forestières et celles du littoral qui abrite les 2/3 de la population Tunisienne et 90% de son activité économique. Les changements climatiques se traduisent en plus par une accentuation des inégalités régionales et sociales affectant les couches sociales les plus vulnérables, et notamment les femmes, qui subissent en particulier la dégradation des conditions de puisage de l'eau, et de collecte du bois-énergie.

1.5. Sélection des Secteurs

La sélection des secteurs pour l'atténuation et l'adaptation ont été fondé sur une présentation détaillée des résultats :

1. de la phase 2 de la stratégie nationale d'économie verte (SNEV) qui décrit les principaux secteurs prioritaires et les projets technologiques permettant d'amorcer le développement d'une économie verte en Tunisie ;
2. de l'inventaire des GES et la contribution des différents secteurs aux émissions des GES selon l'inventaire de 2010 ;
3. les caractéristiques du secteur de l'agriculture (données structurelles, défis et stratégie d'adaptation) y compris celle des ressources en eau et des forêts ;
4. les caractéristiques des zones côtières et leurs vulnérabilités au changement climatique

La sélection a été réalisée lors de l'atelier de démarrage du projet en présence de l'ensemble de décideurs et responsables des différentes politiques représentants les secteurs de Industrie, l'agriculture, le transport, le tourisme, la recherche Scientifique et le secteur privé UTICA (Union Tunisienne Pour l'Industrie, le Commerce et l'Artisanat).

1. Secteurs et projets retenus par la stratégie nationale d'économie verte

Nous donnons dans le tableau 5 suivant les secteurs de l'économie verte ainsi que les objectifs spécifiques par filière.

2. Le Contexte National de l'Energie & Déploiement des Energies Renouvelables

La présentation a fourni le contexte Energétique National en précisant ses enjeux et défis. En effet le bilan de la ressource et de la production nationale en énergie primaire est négatif, ce qui montre une forte dépendance aux importations. Le mix énergétique basé sur le pétrole et le gaz naturel montre une forte dépendance des importations de l'Algérie (47%) puisque la production en 2012 a été de 2,8 millions de TEP alors que la consommation a atteint 5,4 Millions de TEP. La compensation en Tunisie représente plus de 14% du Budget de l'Etat.

Les principaux Enjeux & Défis sont d'ordre stratégiques (sécurité de l'approvisionnement), économiques (évolution de la compensation), sociaux et environnementaux (précarité énergétique et la qualité de vie).

De ce fait, la stratégie de la Tunisie en matière d'énergie repose sur les principaux axes suivants :

1. Le développement des ressources et des infrastructures énergétiques ;
2. Le renforcement de l'Efficacité Energétique et l'utilisation rationnelle de l'énergie;
3. La diversification des ressources énergétiques (le développement des Energies Renouvelables et l'intensification de la recherche en hydrocarbures) ;
4. Le renforcement des interconnections pays du Maghreb/Méditerranée ;
5. La mise en place de réformes institutionnelles et budgétaires du secteur de l'énergie et sa réorganisation ;

6. Le renforcement de la coopération maghrébine et internationale (formation, recherche et développement et transfert technologique).

Tableau 5. Extrait de la SNEV, MEDD 2015.

Investissement et impacts estimés en terme d'emploi et de réduction des émissions de CO2					
Secteurs de l'économie verte	Objectifs spécifiques par filières de l'économie verte	Horizon 2030			
		Invest MDT	Emploi total	Emploi (ETP)	Emissions MteCO2
Agriculture	-Econoie energie (30%) -Economie eau : 30% -Réutilisation des EUT: 60% -1,5 Millions d'ha de superfies biologiques -1,7 millions d'ha protégés par des travaux CES -Pérennisation des SAEP gérés par les GDA	1 100	75 500	75 500	0,86
Eau	-Economie d'énergie : 20% - Sécurisation de l'AEP - Génaralisation de l'ASS - AEP des zones rurales -Gestion des eaux usées industrielles -Renforcement ppp assainissement	4 300	20 235	9 000	9,5
Forêts	-Amélioration du couvert forestier de 1% à l'horizon 2024 - Atteindre un taux de 60% des forêts aménagées et entretenues et 34% des parcours aménagés et entretenus - Réduction des superficies incendiées à 2ha/incendie	600	30 000	30 000	39,2
Déchets	-100% des déchets collectés - 65% des déchets compostés, - 70% des déchets de construction recyclés -0% déchets déversés dans la nature -Production de 500 Mm3 de biogaz	1 000	10 000	3 100	24,5
Energie	- Production d'électricité par les ER ~ 4000 MW à l'horizon 2030 - Eolien : 15% - Solaire PV : 10% - Solaire CSP : 5%	11 000	7 000	2 500	43
Industrie	- Dépollution des grosses entreprises - Production propre - Développer l'EE - Développer la production de technologies vertes	2 250	37 000	37 000	11,1
Transport	-Augmenter la part du transport collectif à 50% (BRT,…) - Augmenter la part du transport ferroviaire/multimodal (RFR,…) - Réduction du coût à 15% du PIB (PFL) - EE (Bancs de diagnostic,…)	5 000	35 000	17 500	12,6
Bâtiment	- Enveloppes efficaces (10%) - Rénovation thermique (70%) - LBC et appareils ménagers efficaces (100%) - CES (192m2 par 1000h)	5 500	7 000	7 000	6,5
Tourisme	- Augmentation de la part du tourisme alternatif (éco-tourisme,…) - Efficacité des ressources (énergie, eau,…)	2 100	42 000	18 900	0,36
	TOTAL	**32 850**	**263 735**	**200 500**	**148**

Les impacts de cette orientation stratégique sur la période 2013-2030 sont :

- ✓ Economie d'énergie : 17,5 Millions de Tep ;
- ✓ Economie sur la facture énergétique : 26 Milliards de DT ;
- ✓ La création de 10.000 postes d'emplois ;
- ✓ Emissions évitées de 42 Millions de tonnes de CO2.

La contribution des secteurs aux émissions de GES

Les émissions nettes de la Tunisie ont atteint 32,4 millions de tonnes équivalent CO_2 (te-CO_2) en 2010 ce qui représente 3,1 te-CO_2 d'émissions nettes par habitant. Les résultats de l'inventaire montrent la dominance des émissions nettes de CO_2 qui ont atteint 22,7 millions de tonnes ; soit 70% des émissions nettes nationales de GES directs en 2010. Les émissions de CH_4 ont atteint environ 7 millions de te-CO_2 ce qui représente 21,5% des émissions nationales nettes en 2010, suivies des émissions de N_2O (2,5 millions de te-CO2) et HFCs (237,5 milliers de te-CO2), représentant respectivement 7,7% et 0,7% des émissions tunisiennes nettes de GES.

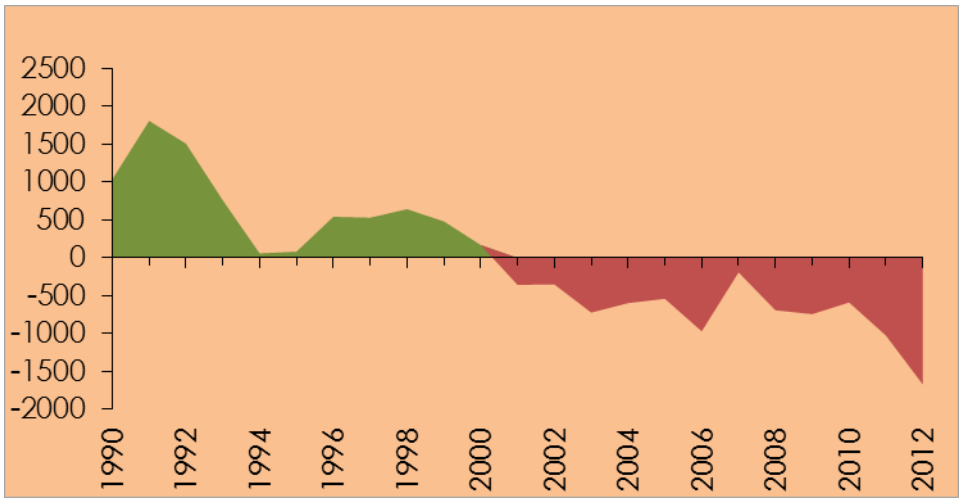


Figure 5. Ressources et consommation d'énergie primaire

Le secteur de l'énergie est le plus grand contributeur aux émissions nettes de GES, avec 27 millions te-CO2 ; soit 84% des émissions nationales nettes de l'année 2010. Neuf-dixièmes des émissions nettes imputables à l'énergie sont dues à la combustion. Les procédés industriels représentent, quant à eux, environ 15% des émissions nettes, venant ainsi en deuxième position. Le secteur AFAT (Agriculture, Forêt et Autres utilisations des Terres) est absorbeur net de GES, avec -2,4 millions de te-CO2, compensant ainsi quasiment les émissions du secteur des déchets.

3. L'Agriculture Tunisienne et les Changements Climatiques

Pour mieux cerner l'importance de l'adaptation au secteur agricole, il est nécessaire de présenter ci-dessous toutes les données structurelles sur le secteur de l'Agriculture et les défis auxquels il fait face ainsi que les interactions du secteur avec le changement climatique en terme de contribution aux émissions de GES et en termes de vulnérabilité au changement climatique pour le secteur lui-même, le secteur de l'eau et les écosystèmes comme le sol et les forêts. La structure de la production agricole est dominée par l'élevage, suivi par l'arboriculture (olives, dattes, agrumes), le maraîchage et les céréales comme le montre la figure suivante.

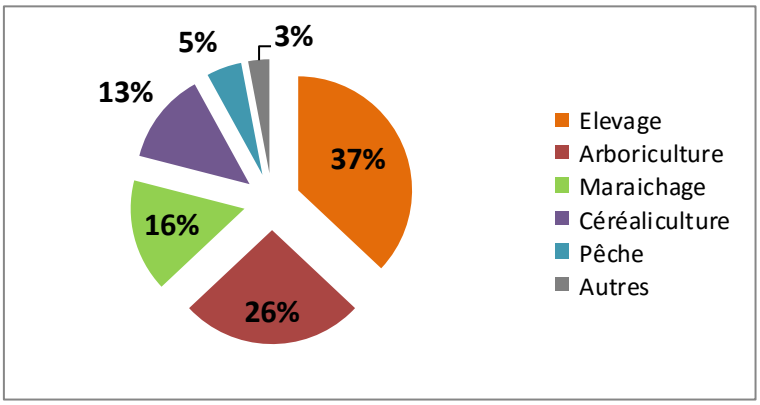


Figure 6. Structure de la production agricole

Les défis du secteur sont :

- ✓ Garantir la sécurité alimentaire durable du pays, en se basant essentiellement sur la production nationale, tout en respectant le principe de l'efficience économique ;
- ✓ Préserver les ressources naturelles contre toutes les formes de dégradation (érosion, désertification, surexploitation,…) ;
- ✓ Pérenniser l'activité agricole dans un contexte d'instabilité des marchés extérieurs ;
- ✓ Préparer l'agriculture tunisienne à plus de libéralisation du commerce des produits agricoles, tant au niveau multilatéral que bilatéral ;
- ✓ Faire face au phénomène du «changement climatique» qui ne fait que s'accentuer et affecter toutes les agricultures du monde.

Le bilan des émissions des GES dans le secteur agricole (élevage, forêts, usages des terres, etc.) est plutôt négatif (tableau ci-dessous), ce qui explique qu'il n'y pas de politique dédiée spécifiquement à l'atténuation des émissions de GES dans ce secteur. Ainsi, les émissions brutes du secteur AFAT n'ont progressé que de 0,7% par an sur la période 1994-2010. Rapportées à la population, les émissions brutes du secteur AFAT sont restées quasiment stables entre 1994-2010, avec 1,1 téCO2 par habitant. En termes d'émissions nettes, on constate même une amélioration notable du bilan d'émissions du secteur. En effet, de 0,5 téCO2/habitant en 1994, les émissions nettes du secteur par habitant sont passées à -0,2 téCO2/habitant en 2010. Cette amélioration est essentiellement due à l'augmentation des capacités d'absorption du secteur, sous l'action conjuguée des reboisements et des plantations arboricoles.

Compte tenu de l'état actuel du secteur, la stratégie du Ministère de l'Agriculture en matière de conservation des ressources naturelles est renforcée et se focalise sur le développement des ressources en eau, sur la conservation et le développement des ressources forestières et pastorales, et sur la protection des terres contre l'érosion et la dégradation. Par cette stratégie, la Tunisie est donc fortement engagée dans la protection et l'amélioration de ses ressources naturelles, œuvrant ainsi simultanément à l'atténuation des émissions et à l'adaptation aux effets des changements climatiques, grâce à une lutte continuelle contre les activités de déboisement et à un effort permanent de reboisement sur les friches dégradées ou les boisements des terres marginales. La protection et l'amélioration des terres marginales et des parcours naturels par des infrastructures de protection et par des plantations de consolidation ou d'amélioration des ressources protègent les terres contre l'érosion et améliore sa capacité de stockage du carbone, au niveau de la matière organique du sol, d'une part, et au niveau de la biomasse ligneuse, dans le bois des arbres forestiers ; arbustes ou arbres fruitiers introduits, d'autre part.

Tableau 6. Synthèse des émissions/absorptions de GES dues au secteur AFAT par catégorie en 2010[9]

Désignation	CO2			Autres gaz		Total	
	Emissions (Gg)	Absorption (Gg)	NET CO2	Emissions (Gg) CH4	Emissions (Gg) N2O	Emissions brutes (Gg)	Emissions nettes (Gg)
Elevage	-	-	-	2713	232,9	2945,9	2945,9
Terres	2944	-13610,9	-10666,9	-	-	2944	-10666,9
Autres sources et émissions hors CO2 des terres	34,4	-	34,4	13,7	1634,6	1682,7	1682,7
Autres (produits du bois)	3646,9	-	3646,9	0	0	3646,9	3646,9
Agriculture, Forêts et Autres utilisations des Terres (AFAT)	**6625,3**	**-13610,9**	**-6985,6**	**2726,7**	**1867,5**	**11219,5**	**-2391,4**

[9] MEDD, 2014. Premier rapport biennal de la Tunisie

1.5.1. Aperçu du Changement Climatique Attendu et de ses Impacts dans les Secteurs Vulnérables aux Changements Climatiques

Sur la base des projections des températures moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050 telles que évaluées par la stratégie nationale d'adaptation du secteur agricole et des écosystèmes au changement climatique (cf. ci-dessus), la seconde communication nationale a précisé les impacts du changement climatique sur les principaux secteurs et ressources naturelles ainsi que les vulnérabilités qui en résultent compte tenu de la situation dans laquelle se trouve actuellement les secteurs ou les ressources. Les principaux résultats de vulnérabilités sont synthétisés ci-dessous mais plus de détails seront fournis dans les paragraphes relatifs à chaque secteur retenu.

L'analyse de vulnérabilité des ressources en eau en Tunisie a permis de déduire que même si la connaissance actuelle des variables hydrologiques liées aux changements climatiques reste entachée d'incertitude, on peut déduire que les ressources en eaux conventionnelles diminueront d'environ 28 % à l'horizon 2030[10]. Cette diminution sera localisée au niveau des nappes phréatiques de fortes salinités, des nappes littorales et des nappes contenant des eaux non renouvelables. La diminution des eaux de surface avoisinera 5% à l'horizon 2030. Le recours aux ressources non conventionnelles représente une des mesures fondamentales de réduction de la vulnérabilité des ressources comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7. Projection des ressources en eau à l'horizon 2030 intégrant l'impact du changement climatique

Désignation	2010			2020			2030		
	Potentiel	Mobilisé	Exploitable	Potentiel	Mobilisé	Exploitable	Potentiel	Mobilisé	Exploitable
Grands barrages	2700	2121	1378	2700	2131	1385	2700	1890	1229
Nappes phréatiques	758	758	758	781	781	591	805	805	308
Nappes profondes	1544	1350	1350	1791	1535	1215	2079	1731	1214
Total eaux conventionnelles	5002	4229	3486	5272	4447	3191	5584	4426	2751
Eaux usées traitées	253	117	117	400	203	203	512	372	372
Eaux dessalées		18	18		47	47		80	80
Total eaux non conventionnelles	253	135	135	400	250	250	512	452	452
Total Général	**5255**	**4364**	**3621**	**5672**	**4697**	**3441**	**6096**	**4878**	**3203**

Au niveau des écosystèmes forestiers, et de par sa capacité d'adaptation au changement climatique et les stratégies engagées par le ministère de l'agriculture (forêts domaniales couvertes par le biais des plantations de maquis et garrigues), il est prévu qu'à l'horizon 2030, les forêts naturelles devraient augmenter en superficie. Toutefois, l'augmentation des températures pourrait rendre la biomasse inflammable et être à l'origine d'un accroissement des risques de feux de forêts notamment dans le Nord de la Tunisie. Cela pourrait alors menacer directement certaines activités socio-économiques (menaces sur certains barrages, glissements de terrain, etc.).

Outre un risque d'incendie, on pourrait assister à une recrudescence des espèces invasives.

Les parcours naturels forestiers n'augmenteraient pas leur fonction productive mais seraient tout de même mieux gérés (stratégie de conservation des eaux et des sols).

Les conditions naturelles, les pressions anthropiques (surpâturage, surexploitation des nappes) et le manque de gestion des ressources naturelles sont les principales causes exposant ainsi les sols à de multiples risques (érosion hydrique et éolienne, salinisation, etc.). Cet état de dégradation favorise largement les processus de désertification menaçant ainsi l'existence même de certains écosystèmes. Du fait de l'augmentation des sécheresses et des phénomènes extrêmes dus au changement

[10] MEDD, 2014. Seconde communication nationale de l'UNFCC

climatique, et de la baisse du couvert végétal, les pertes de sols par l'érosion seront plus importantes ce qui réduira largement la fertilité des sols.

Les impacts du changement climatique sur les zones humides sont remarquables dans les zones littorales à cause de l'élévation accélérée du niveau de la mer. L'étude de la vulnérabilité du littoral au changement climatique précise que 116130 ha de terres seront potentiellement submersibles dont 9% sont des lagunes littorales, 9% des schorres littoraux, 1% des embouchures d'oueds et estuaires, 64% des sebkhas littorales et 17% des zones basses littorales

Au niveau du secteur agricole, la projection des effets quantitatifs de la sècheresse a été élaborée pour les horizons temporels 2016 et 2030 pour deux scénarios d'ouverture économique[11] (lente et rapide). Dans ces deux cas, les superficies des céréales diminueraient de 20% et celles oléicoles de 40%. En scénario d'ouverture rapide, l'effet de la sécheresse s'accompagnerait d'une baisse de la production des céréales, en pluvial, à concurrence de 42% en 2016 et de 44% en 2030. La production oléicole en sec accuserait une baisse de 52 % pour les deux horizons. La production animale diminuerait de 34% en 2016, contre une baisse de 36 à 49%, respectivement, pour les espèces ovines et caprines. Par contre et en cas de périodes à pluviométrie favorable, l'hydromorphie rend la pratique des cultures maraîchères difficile, ce qui sera à l'origine d'une baisse des superficies de ces cultures d'environ 50 000 ha. Celles des cultures pluviales (céréales et arboriculture) bénéficieraient d'une augmentation des rendements à concurrence de 20%. L'élevage bénéficierait également d'une hausse de son rendement à concurrence de 10%.

Devant la gravité des conséquences anticipées des changements climatiques (perte de récoltes, abandon de certaines cultures) et face aux insuffisances institutionnelles constatées, le Ministère de l'Agriculture s'est doté, en 2007, d'une stratégie et d'un plan d'actions d'adaptation du secteur agricole au changement climatique, en relation étroite avec le secteur de l'eau et des écosystèmes.
Les principes directeurs retenus pour orienter le contenu de la stratégie sont au nombre de trois, (i) dépasser la gestion de crise à court terme au moyen d'une stratégie d'adaptation aux risques liés aux changements climatiques, (ii) intégrer la volatilité climatique dans la politique agricole et économique du pays et (iii) gérer de manière intégrée, entre les différents secteurs économiques, les conséquences socioéconomiques grevant le secteur agricole concerné. Les actions conçues dans le cadre de ces principes directeurs sont de nature économique, institutionnelle et technique. L'adaptation et l'application rigoureuse de la Carte agricole (vocation des sols et des cultures), la réalisation des reconversions des terres imposées par les changements climatiques, l'institution d'assurance indexée aux évènements climatiques extrêmes sont les principales actions retenues pour l'adaptation des agro-systèmes.

Enfin, au niveau du littoral, les impacts environnementaux les plus importants dus à l'élévation accélérée du niveau de la mer (EANM se manifestent par des phénomènes d'érosion en premier lieu, puis une salinisation des aquifères côtiers et des sols, voire leur submersion totale. La vulnérabilité est d'autant plus marquée que le modèle topographique des terres sur les côtes est bas, et les terres sont constituées de matériaux meubles et perméables. Les côtes rocheuses et les falaises sont moins vulnérables.

1.5.2. Processus et résultats de la sélection de secteur

La sélection des secteurs a été réalisée en adoptant un processus participatif en se basant sur les informations présentées dans les paragraphes 1 .4 et 1.4.1. Les résultats ci-dessous sont le fruit de

[11] Scénarios d'ouverture économique : deux scénarios de libéralisation de l'économie tunisienne ont été retenus pour projeter le développement du secteur agricole aux horizons 2016 et 2030. Les deux scénarios considèrent une ouverture totale de l'économie tunisienne à l'horizon 2030 et la suppression de toutes les barrières à l'échange à l'échelle internationale. Les deux scénarios se distinguent par le rythme de la mise en œuvre de l'ouverture.

l'analyse réalisée par utilisation d'un logiciel de gestion des données statistiques. Les critères de notation comme identifiés ci-dessous accordent la note 5 si l'impact est moyen, 7 si l'impact est élevé et 10 s'il est très élevé. La pondération retenue accorde 35% à l'impact social représenté par l'emploi, 30% à l'impact économique représenté par le PIB et 35% à l'impact environnemental représenté ici par la vulnérabilité. Les résultats de cette analyse multicritères des secteurs d'adaptation sont illustrés dans le tableau et les graphiques ci-dessous.

Tableau 8. Résultats de l'analyse multicritère

Secteurs	Impact social	Impact économique	Impact environnemental	Note globale (après pondération)
	Emploi	Revenue Potentiel (PIB)	vulnérabilité	
	35%	30%	35%	100%
Agriculture	8	8	7	**7,65**
Tourisme	7	7	6	**6,65**
Gestion des zones côtières et marines	7	7	8	**7,35**
Gestion des écosystèmes	6	5	8	**6,4**
Gestion des ressources en eau	8	8	10	**8,7**
Gestion Urbaine	7	7	7	**7**
Santé	8	6	6	**6,7**

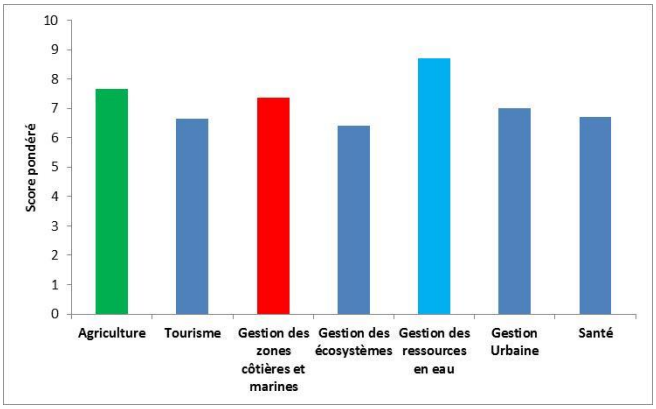


Figure 7. Notation et classement des différents secteurs analysés

Sur la base de l'analyse ci-dessus, les trois secteurs retenus sont : L'agriculture, Les ressources en eau et les zones côtières et marines (figure 8).

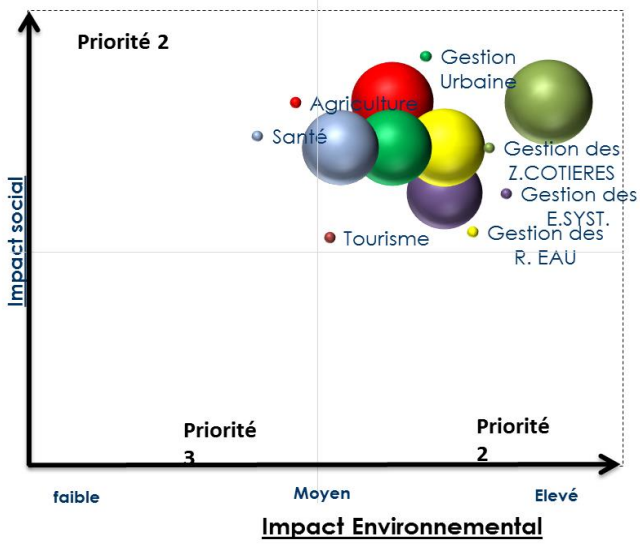


Figure 8. Classement des secteurs selon les impacts

2. Arrangement institutionnel pour le TNA et l'implication des parties prenantes

En Tunisie, la coordination des travaux sur les changements climatiques relève du Ministère de l'Environnement et du développement durable (MEDD). Aussi et suite aux recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, une Commission nationale pour le développement durable (CNDD)[12] a été créé en 1993. La Commission vise à compléter le cadre institutionnel pour la protection de l'environnement et la mise en œuvre du développement durable. Il est un organe de coordination entre les différents acteurs nationaux en matière de développement. Il vise à concilier développement économique avec les exigences de l'environnement.

Quant à la responsabilité de la mise en œuvre des directives de la CCNUCC et la réalisation des travaux concernant la communication nationale, les rapports biennaux et les INDC revient à la Direction Générale de l'Environnement et la Qualité de la Vie (DG/EQV) qui a adopté une approche de concertation et de participation de toutes les parties prenantes notamment les institutions publiques, privées, ONG, université et recherche afin de bien réussir sa mission et assurer l'appropriation nationale. Par exemple, plusieurs ministères, organismes, groupes de travail, … sont associés dans les travaux portant sur l'inventaire des émissions de GES, l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques. La mission de supervision et le suivi des travaux sur le changement climatique a été confié en 2000 au Comité National sur les Changements Climatiques (CNCC) crée à cet effet. Ce comité regroupe le point focal changement climatique en tant que coordinateur et les représentants de l'Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie, le Ministère de l'agriculture, l'Institut National de la Météorologie, l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis et une ONG. La mission du CNCC consiste à superviser et assurer le suivi des travaux sur les changements climatiques et la mise en œuvre de la CCNUCC. Le CNCC a été remplacé dans un premier temps par la Structure Focale sur les changements climatiques et à partir de 2005, d'autres organismes, structures et groupes de travail ont été chargés de poursuivre les travaux sur les changements climatiques.

L'Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie (ANME) a depuis 2001 intégré les changements climatiques dans son activité. En effet, l'une des missions officielles de l'ANME est de dresser l'inventaire des émissions de GES et de mener toutes les études portant sur l'atténuation dans le secteur de l'énergie. En collaboration avec le PNUD, l'ANME a aussi créé une Cellule d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement(CIEDE) qui a pour principal mandat la mise en œuvre de l'article 6 de la CCNUCC et le renforcement de capacités dans le domaine des changements climatiques. En 2008, le MEDD a créé le bureau national du Mécanisme du Développement Propre(MDP). Ce bureau, présidé par le ministre de l'environnement et du développement durable regroupe les institutions concernées par le MDP et la vente des unités de réduction certifiées des gaz à effet de serre (URCEs). La principale mission de l'Autorité nationale désignée consiste à approuver la contribution des projets au développement durable et faciliter la vente des URCEs.

Un autre ministère intervient pour la fourniture des connaissances sur le changement climatique qui est le ministère des Transports à travers l'Institut National de la Météorologie en charge de la collecte de données météorologiques et de modélisation du changement climatique.

Dans le domaine de l'adaptation, plusieurs organismes participent avec le ministère chargé de l'environnement aux travaux portant sur la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique notamment le ministère de l'agriculture et l'Agence de Protection et de l'aménagement du Littoral.

[12] Cette commission est inactive depuis décembre 2010

On note aussi la création du Taskforce changement climatique au Ministère de l'agriculture qui œuvre pour l'intégration du changement climatique dans la politique agricole du pays. La mise en œuvre du projet EBT a été confiée à la direction générale de développement durable.

L'organisation du projet EBT en Tunisie est fondée sur plusieurs structures : le Comité National de l'EBT, le Comité de pilotage, le Coordinateur National, les Groupes de Travail sectoriels et technologiques et les experts nationaux, comme le montre le schéma suivant (Figure 9) :

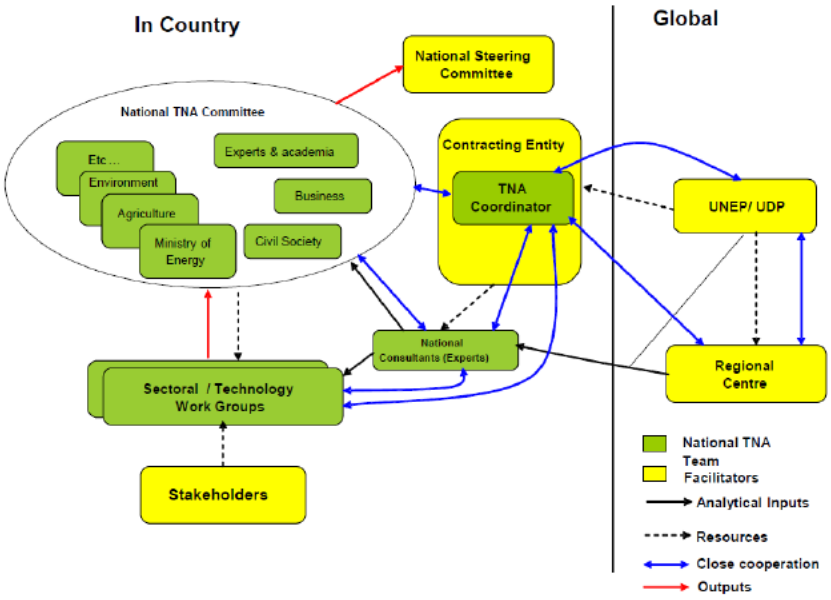


Figure 9. Structure organisationnelle type du projet EBT

2.1. Equipe du projet

L'équipe du projet est constituée par :

- Le Coordonnateur National du projet ;
- Le comité de pilotage National ;
- Les Consultants nationaux d'atténuation et d'adaptation ;
- Les deux groupes de travail : atténuation et adaptation ;

Cette équipe a la responsabilité de la gestion, du suivi et de la réalisation des activités du projet depuis son démarrage, jusqu'à l'élaboration du Plan d'Action Technologique (PAT) et du rapport de synthèse.

2.1.1. Coordinateur national du projet

La coordination du projet est assurée par le point focal EBT, Mr. Fathi Bouzghaya du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. Son rôle est d'assurer la gestion du processus EBT, veillez au respect du planning et la qualité des livrables, la coordination entre les différents acteurs et de faciliter, notamment, la communication entre les membres du comité de pilotage, les experts nationaux et les groupes de travail.

2.1.2. Consultants nationaux

Le projet s'appuie entre autres sur deux consultants nationaux :

- Expert en atténuation : Mr. Rafik Missaoui
- Expert en Adaptation : Mme. Raoudha Gafrej

Les consultants nationaux travaillent en étroite collaboration avec le comité national de pilotage et les différents groupes de travail. Les consultants nationaux supportent entièrement le processus TNA en établissant et en lançant des activités telles que la recherche, l'analyse et la synthèse de supports au projet TNA.

Les consultants nationaux agissent comme conseillers techniques pour la conduite du projet et sont responsables de l'élaboration des PAT au niveau du pays. En collaboration avec le coordinateur national, les experts établiront une approche participative pour le processus TNA en facilitant les tâches de communication avec toute l'équipe TNA ainsi que les parties prenantes.

2.1.3. Groupes de travail technologiques sectoriels

L'identification des technologies recommandées pour les secteurs prioritaires ainsi que les mesures d'accompagnement nécessaires à la réussite du projet EBT, ont nécessité la mise en place des Groupes de Travail (GT) suivants :

- ✓ Groupe de travail atténuation ;
- ✓ Groupe de travail adaptation.

Ces deux groupes de travail sont constitués par des cadres représentant les parties prenantes en charge des secteurs prioritaires et appartenant aux secteurs public et privé et autres organisations non gouvernementales et qui auront par la suite à décider pour les technologies appropriées, analyser les barrières et recommander un cadre de travail pour chaque secteur.
Le groupe de travail est dirigé par l'expert national correspondant. Pour chaque réunion, l'expert est chargé d'arrêter la date, l'ordre du jour, diriger les travaux et établir le compte-rendu. Chaque expert constitue l'intermédiaire entre son GT et les autres éléments du projet (coordinateur national, comité de pilotage).

Le groupe adaptation, constitué de 21 membres, a été formé sur nomination officielle par les institutions présentes à l'atelier de démarrage et sur demande écrite du MEDD. Il s'agit des représentants de l'INRAT, de la DG/PA, de la SONEDE, de la DG/Pèche et aquaculture, de l'INM (Ministère du transport), le CITET, la GIZ, le CERTE, l'ANPE, l'AnGed, la STEG, le MEDD, l'APAL, l'ONAS et le CONNECT. En plus, d'autres partenaires ont participés par des réunions bilatérales comme l'OTEDD et la DG/FIOP. La liste et les dates des réunions et ateliers réalisée sont fournies dans l'annexe II. Les fiches de présence pour les différents ateliers sont fournies dans l'annexe III.

2.2. Comité de pilotage national de l'EBT

L'organisation institutionnelle du projet EBT prévoit un comité national et un comité de pilotage. En Tunisie, pour faciliter la structure du projet, les deux comités ont été confondus en un seul, appelé Comité de Pilotage national.

Ce Comité est chargé d'accompagner le coordinateur national pour le suivi permanent des activités du projet et pour orienter le travail de l'équipe qui les met en œuvre. Il est constitué par les représentants des départements ministériels et des institutions concernées (parties prenantes) par

les technologies en rapport avec l'atténuation des gaz à effet de serre et l'adaptation aux effets du changement climatique.

Il comprend 10 membres représentant les principaux acteurs en relation avec le projet, comme indiqué dans le tableau suivant:

Tableau 9. Liste des membres du comité de pilotage

Institution	Nom et prénom	Qualité
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable / Direction Générale du Développement Durable	Mr. Ezzeddine Lahdhiri, Directeur Général	Président
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable / Direction Générale du Développement Durable	Mr. Chokri Mezghani	Membre
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable / Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie	Mme Amel Akremi	Membre
Ministère du Transport, Institut National de la Météorologie (INM)	Mr. Hichem Fehri	Membre
Ministère de l'Agriculture, Direction de la coopération internationale	Mr. Habib Helali	Membre
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique	Mr. Abid Amaidi	Membre
Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines	Mr. Lotfi Hamza	Membre
Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (UTICA)	Mr. Sami Gharbi	Membre
Ministère de l'Industrie	Lotfi Hamza	Membre
Ministère du Tourisme	Aroussia Khammasi	Membre

Ce comité se réunit à chaque fois que le besoin se fait sentir et intervient pour résoudre les problèmes et les difficultés pouvant surgir lors des différentes phases de réalisation du projet.

2.3. Les structures d'appui au projet

2.3.1. UNEP DTU Partnership (UDP)

UDP est l'agence d'exécution du projet au niveau mondial avec un rôle principal dans le soutien des pays du projet TNA à travers les activités suivantes:

- Recommandez la structure institutionnelle adéquate pour conduire l'EBT dans les pays.
- Fournir l'appui méthodologique pour la conduite du projet EBT.
- Fournir un appui aux pays pour les données relatives aux technologies d'atténuation et d'adaptation, en renforçant le site Techwiki climatique, le développement des guides, et à travers l'installation d'assistance à la demande disponibles au Centres Régionaux.
- Dispenser des formations sur les bases de données et les outils méthodologiques dans le cadre des ateliers régionaux de renforcement de capacités.

2.3.2. Les Centres Régionaux

Le projet engage deux centres dans chacune des régions (Amérique latine, Afrique et Asie) pour soutenir le processus TNA dans les pays. Pour la Tunisie, c'est l'ONG ENDA basée au Sénégal qui assure cet appui.

En coopération avec l'UDP, ces centres jouent un rôle important dans la fourniture de soutien technique aux équipes nationales de l'EBT. Leurs principales responsabilités sont les suivantes:

- Faciliter les ateliers régionaux de formation ;
- Fournir un soutien technique pour les pays pendant toute la mise en œuvre du projet, avec des missions ponctuelles d'appui dans les pays ;
- Fournir aux pays des avis / conseils à travers le "help desk" ;
- Fournir des descriptions pour les technologies qui ne se trouvent pas dans les guides EBT, la base de données des fiches d'information des pays ou sur la Techwiki3 climatique ;
- Organiser et faciliter le partage de l'expérience entre les pays ;
- Réviser et commenter les rapports élaborés par les pays.

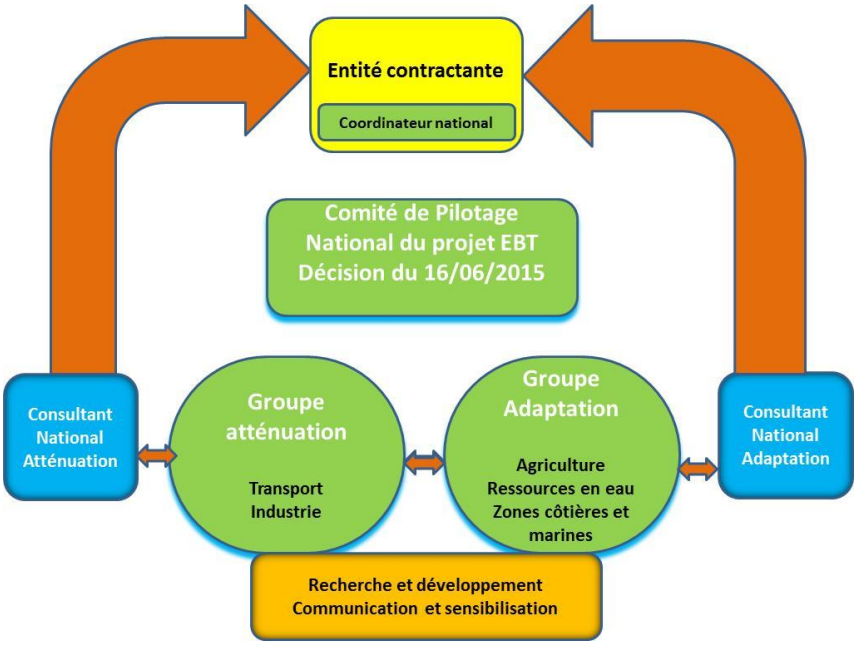


Figure 11. Structure organisationnelle du projet EBT en Tunisie

2.4. Processus de Dialogue avec les Parties Prenantes dans le TNA - Évaluation globale

Les parties prenantes jouent un rôle central dans le processus EBT car elles sont étroitement impliquées dans la mise en œuvre. Elles ont été identifiées lors de l'atelier de démarrage en avril 2015. Il s'agit des institutions publiques des différents Ministères vulnérables au changement climatiques et/ou impliqués de façon directe ou indirecte au changement climatique et à la politique de développement durable du pays, de l'université et de la recherche et des organisations internationales de coopération (GIZ).

En ce qui concerne le Ministère de l'agriculture qui est également en charge des ressources en eau, il a été impliqué à travers le bureau de la planification des équilibres hydrauliques (BPEH), la direction de la coopération internationale, la Société nationale d'exploitation et de distribution des eaux (SONEDE), la direction générale des ressources en eau (DGRE), la Direction générale des études et planification agricole (production agricole), et la direction générale de la pêche et aquaculture (DGPA). Au sein du Ministère de l'agriculture, le bureau de la coopération internationale a piloté les réunions entre les différentes institutions pour identifier les technologies prioritaires dans les deux secteurs de l'agriculture et des ressources en eau.

Pour le Ministère de l'environnement, il a été impliqué à travers le Centre international des technologies de l'environnement (CITET), l'agence nationale de protection de l'environnement (ANPE), l'agence nationale de gestion des déchets (AnGed), l'office national de l'assainissement

(ONAS) et l'agence de protection et d'aménagement du littoral (APAL). Au niveau de l'APAL qui est le principal partenaire impliqué dans la gestion des zones côtières, des réunions bilatérales ont été organisées entre l'APAL et l'expert national pour identifier les technologies prioritaires.

Le ministère de l'industrie, de l'énergie et des mines a été représenté par la société Tunisienne de l'électricité et du gaz (STEG), le Ministère du transport a été représenté par l'Institut national de la Météorologies (INM), la coopération internationale a été représentée par la GIZ, l'université et la recherche ont été représentées par l´Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT) et le Centre de recherches et des Technologies des Eaux à Borj Cédria (CERTE), et le secteur privé a été représenté par CONNECT qui est une organisation syndicale patronale qui rassemble les petites; moyennes et grandes entreprises privées et publiques, tunisiennes et étrangères de toutes les régions du pays exerçant dans les différents secteurs de l'économie tunisienne.

Toutes ces structures parties prenantes ont été impliquées dans tout le processus depuis l'identification des secteurs vulnérables et la priorisation des options technologiques à travers des ateliers organisés par la coordination, des séances de travail ponctuelles avec les consultants ainsi que des échanges réguliers de correspondances par e.mail et par échanges de documents via un dropbox.

3. Priorisation des technologies pour le Secteur « Agriculture »

3.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de l'agriculture

La place de l'agriculture dans l'économie Tunisienne est importante du fait qu'elle contribue à hauteur de 8% à 10%[13] au PIB national et emploie 17% de la main d'œuvre et participe donc à l'équilibre de la balance commerciale à travers les exportations. Le secteur irrigué constitue à lui tout seul 37% u PIB agricole.

L'agriculture est pratiquée sur une superficie agricole totale d'environ 10 millions d'ha dont une superficie labourable égale à 5 millions d'ha et une superficie équipée pour l'irrigation de 425.000 ha soit 4% des terres agricoles et 8,2% des superficies labourables. L'agriculture est assurée à travers 516.000 exploitations d'une taille moyenne de 10 ha avec environ 75% des exploitants disposant d'une superficie de moins de 10ha. L'élevage qui constitue le tiers du PIB agricole est constitué de

- ✓ 440 000 unités femelles bovines, dont 220 000 unités de race laitière ;
- ✓ 4.1 million d'unités femelles ovines ;
- ✓ 811 000 unités femelles caprines ;
- ✓ environ 17 000 unités femelles camélines.

Plus de 70% des éleveurs de bovins et ovins détiennent des superficies inférieures à 10 ha, soit un manque d'intégration entre production de fourrage et l'activité d'élevage.

Le secteur agricole est appelé à réussir des adaptations à des changements dans son environnement économique et naturel. La libéralisation des échanges et l'apparition d'évènements climatiques extrêmes constituent l'essentiel des changements anticipés. Dans ce nouveau contexte, le secteur aura à réaliser des taux de croissance relativement importants et soutenus. Il convient toutefois de signaler que la libéralisation des échanges, c'est-à-dire la réduction, voire la suppression du soutien à des systèmes de production peu performant affectera la durabilité économique de la catégorie d'agriculture sociale puisque l'essentiel de cette agriculture est pratiqué dans des conditions naturelles des plus fragiles. Elle a donc un coût environnemental relativement important. La non durabilité économique pourrait dans ces conditions, poser le problème de la faisabilité socio – politique des choix d'ouverture et de croissance. Cette dimension est l'une des questions clés de la recherche de la durabilité de l'agriculture, qu'elle soit économique ou écologique. La reconversion de certaines activités et la révision et l'adaptation de la carte agricole à l'impact du changement climatique constituent des mesures d'adaptation.

Le secteur irrigué est naturellement un grand usager des ressources naturelles et tout particulièrement l'eau (81% des ressources). Or le coût environnemental de l'activité est de plus en plus élevé du fait des diverses dégradations et surexploitations des ressources observées (hydromorphie et salinisation des sols, érosions des terres de culture de céréales, surexploitation des zones forestières et des parcours ne permettant par la régénération naturelle, désertification avancée pour le Sud…). Le recours à la recharge des nappes et à la réutilisation des eaux usées traitées constitue des mesures d'adaptation au changement climatique.

Le secteur agricole fait face à différents défis environnementaux qui sont essentiellement liés à

- L'utilisation intensive des ressources non renouvelables dans le Sud du pays pour les besoins des oasis ;

[13] Cette part est variable selon les années et va jusqu'à 10%.

- la surexploitation des nappes phréatiques et nappes profondes qui a entrainé la salinisation des ressources en eau et en sol ;
- l'extension peu maitrisé de l'urbanisme ;
- la baisse de fertilité des sols irrigués constitue une forme de dégradation dominante ;
- la pollution chimique dans les périmètres irrigués due essentiellement à l'utilisation abusive ou inadéquate des engrais minéraux et des produits de traitement phytosanitaire des cultures ;
- la réduction des rendements due aux impacts du changement climatique ;
- une part de 7% de la consommation nationale de l'énergie et une consommation en énergie électrique de 14% (agriculture et eau potable).

L'emploi agricole et les emplois induits par les activités d'irrigation ainsi que l'accès à l'eau participent à maintenir des populations dans les zones rurales, limitant ainsi les problèmes sociaux ou environnementaux qui se posent parfois dans les zones urbaines. Aussi les impacts directs de la pression exercée par l'homme comme les pratiques non adaptées, le morcellement des terres et la surexploitation des ressources naturelles (défrichement de la forêt, terres marginales exploitée en agriculture, etc.) constituent les dangers les plus importants pour la durabilité de l'agriculture dans les régions pauvres. L'agriculture irriguée, étant souvent la seule voie de développement envisageable pour certaines zones arides, nécessite le développement des ressources en eau à cet effet. L'apparition des phénomènes extrêmes telle que les sécheresses et les inondations fragilisent davantage les populations vulnérables et risque d'augmenter la pauvreté. La lutte contre les inondations et le recours à des systèmes d'assurance adaptés constituent des alternatives pour améliorer les conditions de vie des agriculteurs et de leurs revenus constituent des priorités d'adaptation au changement climatique.

Les études élaborées sur la vulnérabilité des écosystèmes au changement climatique ont montré l'importance des écosystèmes qui prennent de la valeur sous conditions de changement climatique. L'évaluation de la valeur économique totale des forêts a été initiée par la DGF et des besoins de mise en place de service de payement des écosystèmes ont été proposés. Cet outil économique permettra de protéger et de sauvegarder les services environnementaux fournis par les écosystèmes et tout particulièrement les forêts aux différents secteurs socio-économiques. En effet à l'échelle nationale, les forêts et les parcours sont d'une importance capitale dans l'économie Tunisienne. En effet, avec une participation au PIB national de 0,4 à 1,25%, elles permettent de couvrir 80% des besoins de l'industrie de panneaux, représentent 14% au bilan énergétique national, plus de 7 Millions de journées de travail annuellement, 17% des besoins du cheptel national produits par les parcours forestiers. En plus, les forêts fournissent des services environnementaux dont l'évaluation économique totale relativement complexe mérite d'être améliorée. A titre d'exemple, la valeur économique totale de la forêt de chêne liège est répartie entre la protection de la sédimentation des barrages (12%), la séquestration du carbone (14%) et la fourniture d'autres services marchands comme le bois de feu, le liège, le fourrage (37%) et les autres PFLN qui comptent pour 8% de la valeur économique totale de la forêt. Une première tentative a permis d'évaluer la valeur économique totale des forets à 163,4 DTN/ha en moyenne.

En plus, 800.000 personnes habitent la forêt, soit 8% de la population tunisienne et 23% de la population rurale. De ce fait, la pression sur les forêts est très forte puisque la densité est en moyenne de 90 personne/km^2, soit le double de la densité à l'échelle nationale. La population est majoritairement jeune et confrontée au chômage. En effet, le taux de chômage est de 40% et le taux de pauvreté est de 45%. Les revenus de la population sont intimement liés à la forêt et aux parcours. Dans ce contexte, la part du revenu forestier dans le revenu total des ménages est d'environ 40% en moyenne et jusqu'à 60% à Siliana. De plus, l'importance de l'élevage fait que la pression du bétail est génératrice de risques importants de dégradation du couvert végétal et des sols puisque le taux de surpâturage est de 73% pour le Nord, 78% pour le Centre et 80% pour le Sud du pays.

La dégradation des forêts et des parcours par la surexploitation, les incendies et la déforestation est une menace pour la société et l'économie du pays. Les changements climatiques apportent une contrainte supplémentaire sur les écosystèmes naturels et sur la composante socio-économique. De ce fait, la fonction de conservation et de protection est une priorité absolue sans oublier la première contrainte soulignée qui est celle de répondre aux attentes des populations forestières et péri-forestières. Aussi et sachant que la dégradation des forêts et la déforestation sont responsables de 12 % des émissions mondiales des gaz à effet de serre, un mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et la dégradation forestière, intégrant la conservation et l'augmentation des stocks de carbone forestiers et la gestion forestière durable (REDD+), a été initié par la CCNUCC. De ce fait, la lutte contre les incendies, le reboisement, la réduction du surpâturage et l'aménagement forestier ont été considérés comme les filières piliers de la stratégie nationale des forêts tunisiennes. Le mécanisme de payement des services environnementaux de la forêt représente un préalable pour la réussite de cette stratégie.

3.2. Contexte de décision

La protection des terres et des ressources naturelles en général est l'une des priorités de l'Etat et du Ministère de l'agriculture. De ce fait, les travaux de conservation des sols et des eaux sont renforcés et une 3ème stratégie est initiée actuellement par la DG/ACTA. Les terres traitées manuellement ou mécaniquement et équipés d'infrastructures de CES seront consolidées par des ouvrages de conservation de eaux et du sol (CES) par des plantations forestières et d'olivier sur toutes les terres très vulnérables à l'érosion dont la superficie est estimée à 1,5 Million d'ha. Les parcours naturels et terres agricoles marginales sont améliorés par des plantations de cactus pour créer des réserves fourragères sur pied.

La promotion et le développement de l'agriculture de conservation sur une superficie additionnelle de 90.000 ha constitue aussi une alternative permettant de réduire la dégradation des sols et la baisse de leur fertilité, permet de stocker le carbone et limiter les engrais synthétiques. Dans cette même perspective, il est également prévu l'extension de l'agriculture biologique sur une superficie additionnelle de 170.000 ha à l'horizon 2020.

Aussi, et dans l'objectif de rationaliser l'utilisation de l'eau, un programme national d'économie d'eau en agriculture a été mis en place depuis 1995. A ce jour, 85% des superficies irriguées sont équipées en matériel d'économie d'eau. Aussi, une stratégie nationale de réutilisation des eaux usées traitées a été initiée afin de développer la réutilisation à un taux de 65% à l'horizon 2020 sachant qu'actuellement 28% du potentiel des eaux usées épurées sont réutilisés pour l'irrigation de plus de 8000 ha dont 8 terrains de golf. L'extension des superficies irriguées à partir des eaux usées traitées font partie de la stratégie ci-dessus indiquée.

L'ensemble de ces travaux s'accordent sur la vulnérabilité du secteur agricole en proposant des éléments de stratégies relatives aux phénomènes extrêmes (sécheresses, inondations),à l'intrusion des eaux de mer et la salinisation des nappes côtières, à la viabilité des exploitations agricoles, aux assurances contre les phénomènes exceptionnels, à la sauvegarde de la biodiversité et à l'encouragement des pratiques agricoles les plus adaptées

Comme mesures d'adaptation au changement climatique pour un cout de 2 Milliards de $, le rapport du CPDN de la Tunisie propose des actions essentiellement de renforcement de capacités et de renforcement institutionnel à l'échelle nationale pour :

- ✓ Adaptation des cultures irriguées dans les régions du Centre,
- ✓ Adaptation des systèmes de production de polyculture-élevage aux changements climatiques dans les régions vulnérables,
- ✓ Mise à jour de la carte agricole en tenant compte des impacts des changements climatiques,

- ✓ Mise en place d'un système de veille climatique et d'alerte précoce et d'un mécanisme d'assurance contre les aléas climatiques dus aux changements climatiques,
- ✓ Conservation et valorisation du patrimoine génétique local pour l'adaptation des cultures aux changements climatiques et le développement de systèmes innovants de grandes cultures.

Enfin et comme décrit ci-dessus, la note d'orientation du gouvernement pour le plan de développement 2016-2020 a retenu dans son axe 5 l'économie verte garante d'un développement durable de réutiliser 50% des eaux usées épurées (en agriculture ou pour la recharge de nappe), d'augmenter le taux de croissance du secteur agricole d'une moyenne annuelle de 5% et enfin d'augmenter la part des produits alimentaires dans les exportations. La protection de l'environnement, des écosystèmes et des ressources naturelles est également un objectif majeur qui permettra d'atteindre les objectifs retenus pour le secteur agricole.

3.3. Options d'adaptation technologique pour le secteur agricole et leurs principaux avantages en matière d'adaptation

Les options retenues ci-dessous viennent renforcer les efforts de l'Etat consentis et qui portent sur les technologies existantes relatives à l'agriculture de conservation, le développement de l'agriculture biologique, les technologies nécessaires pour la valorisation et la réutilisation des eaux usées traitées (transfert d'eau, création de permettre et amélioration de la qualité des eaux usées traitées), l'amélioration des pratiques agricoles et d'occupation des sols, les travaux de conservation des eaux et du sol, ainsi que des études de faisabilité en cours en ce qui concerne la mise en place des assurances climatiques nécessaires pour compenser les dégâts occasionnés par les extrêmes climatiques, le système d'alerte précoce (SAP) pour la maitrise des inondations ainsi la mise en place de payement des services des écosystèmes pour le secteur des forêts telle que proposée par la stratégie des forets.

Sur la base des technologies proposées par l'expert adaptation lors de l'atelier du 8-9 septembre, des échanges avec le groupe adaptation lors des ateliers du 21 septembre ont permis de les ajuster et de les compléter. Des réunions bilatérales ont été également nécessaires pour affiner certaines fiches. Aussi, une réunion interne au Ministère de l'agriculture a été coordonnée par le représentant de la direction de la coopération internationale du Ministère de l'agriculture et qui est membre du Comité national EBT, et qui a permis d'arrêter les technologies pertinentes pour le secteur de l'agriculture.

Nous donnons ci-dessous la liste des technologies sélectionnées sachant que des fiches technologiques détaillées sont fournies en annexe I. Il s'agit de :

- ✓ Technologie 1 : Agriculture de conservation ;
- ✓ Technologie 2 : Carte agricole nationale ;
- ✓ Technologie 3 : Mécanisme de payement des services environnementaux ;
- ✓ Technologie 4 : Assurance climatique pour l'agriculture ;
- ✓ Technologie 5 : Equipement des points d'eau d'énergie photovoltaïque ;
- ✓ Technologie 6 : Agriculture mixte ;
- ✓ Technologie 7 : Valorisation des eaux usées traitées en agriculture.

3.4. Critères et processus de priorisation des technologies

Les critères d'évaluation des projets technologiques ont été identifiés selon un processus de concertation entre les différents parties prenantes en présences des participants des deux groupes atténuation et adaptation lors du premier atelier de restitution qui a eu lieu le 8-9 Septembre 2015.

Arès explication des fondements de l'approche de priorisation des technologies basée sur la Méthode de l'Evaluation Multicritères « EMC », un travail de brainstorming a eu lieu ensuite avec les participants en vue de définir les critères d'évaluation des technologies pour l'atténuation et pour l'adaptation. Les critères sont organisés en catégories et en sous-catégories homogènes. Le rappel du contexte politique, social et environnemental Tunisien a été la base de ce travail.

Pour l'adaptation, à la suite d'un brainstorming, nous avons identifié et discuté trois groupes de critères divisés en sous-groupes à savoir :

1. **Développement durable**
   a. *Economique*
      - Augmentation de la productivité
      - Préservation du capital productif
      - Création/préservation d'emploi
      - Valorisation des ressources non conventionnelles
   b. *Social*
      - Lutte contre la pauvreté
      - Santé
      - Genre
   c. *Environnemental*
      - Réduction de la vulnérabilité
      - Impact sur les ressources naturelles
      - Préservation du patrimoine naturel (biodiversité)
2. **Faisabilité**
   a. *Économique*
      - Rentabilité
      - Cout d'investissement
   b. *Technique:*
      - Maturité technologique
      - Maitrise technique locale
      - Potentiel
   c. *Sociale: acceptabilité*
   d. *Institutionnelle/règlementaire*
3. **Stratégique : niveau de cohérence avec la stratégie nationale**

Pour la pertinence de l'analyse multicritère, un consensus a été recherché pour retenir 8 critères comme indiqué dans le tableau 11. Ensuite chaque participant a procédé à la pondération pour les différentier selon leur poids dans la décision multicritère. La procédure adoptée est la suivante :

- Notation des catégories, sous catégories et critères de 1 à 100 selon leur importance dans la décision par chacun des participants de manière individuelle et confidentielle
- Calcul des moyennes des notes, sur l'ensemble des participants, de chaque catégorie, sous-catégorie et critère.

Enfin, les critères et leurs pondérations retenus sont fournis dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10. Choix des critères et leurs pondérations

Critère	Description/Justification	Poids (%)
Augmentation de la productivité tout en préservant le capital productif	Préservation des emplois et valorisation des ressources naturelles	14
Lutte contre la pauvreté	Amélioration des conditions de vie : création des emplois et l'amélioration des conditions de santé et intégration de l'aspect genre	11
Réduction de la vulnérabilité au changement climatique	Impacts positif sur les ressources naturelles et la préservation du patrimoine naturel et de la biodiversité	14
Le cout de la technologie	Besoins financiers nécessaires à l'acquisition et/ou à la mise en œuvre de la technologie	13
Maitrise locale de la technologie et possibilité de réplication	Connaissance de la technologie, existence des compétences nécessaires à sa mise en œuvre et existence de potentiel de réplication dans d'autres zones	13
L'acceptabilité sociale (facilité d'utilisation, absence de risque liée à l'usage, etc.)	Degré d'appropriation de la technologie par les bénéficiaires et les dispositions qu'elle offre à l'utilisation	7
La disponibilité du cadre institutionnel et règlementaire	Existence de règlementation (lois, normes) et d'institutions et des outils qui permettent la mise en œuvre de la règlementation	5
La cohérence avec la politique et/ou stratégie nationale	Lien de la technologie avec les priorités nationales déclinées dans les plans et programmes de développement nationaux déclinés dans les stratégies sectorielles	23

Lors de la priorisation des technologies, les participants ont été regroupés en trois groupes. En s'appuyant sur le tableau ci-dessous et après des échanges sur les spécificités des technologies et compléments d'information, ils ont procédé à :

- ✓ L'attribution des notes pour les différents critères (compris entre 1 et 100) ;
- ✓ L'utilisation de l'outil Excel pour la priorisation
- ✓ Analyse de sensibilité.

Ce travail a été réalisé ensuite en considérant les notations moyennes des trois groupes comme indiqué dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11. Notation des technologies pour le secteur de l'agriculture

Options/Critères	Augmentation de la productivité tout en préservant le capital productif	Lutte contre la pauvreté	Réduction de la vulnérabilité au changement climatique	Le cout de la technologie	Maitrise locale de la technologie et possibilité de réplication	L'acceptabilité sociale	La disponibilité du cadre institutionnel et règlementaire	La cohérence avec la politique et/ou stratégie nationale
Unités	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High
Agriculture de conservation	90	73	93	87	83	80	97	92
Ajustement de la carte agricole	80	60	67	77	77	65	67	82
Payement des services des écosysteme au secteur de la forêt	80	68	92	73	78	87	83	67
Assurance climatique pour l'agriculture	65	87	80	80	75	83	70	80
Equipement des points d'eau de photovoltaique pour l'irrigation et l'hydraulique pastorale	67	80	65	53	67	77	63	65
Agriculture mixte	70	68	70	72	77	63	67	67
Valorisation des eaux usées traitées en agriculture (Création de PI de Boucha et Tunis Ouest)	78	62	67	40	50	37	50	53

3.5. Résultats de la priorisation des technologies

Sur la base du logiciel de l'analyse multicritère et en considérant le tableau des pondérations (tableau 12) et celui des notations, la priorisation des technologies a permis le classement comme décrit dans le tableau 13 suivant :

Tableau 12.Pondération des notations des technologies pour le secteur de l'agriculture

Critère/Options	Economique (Augmentation de la productivité, préservation du capital productif et valorisation des RN)	social (Lutte contre la pauvreté (y compris creation d'emploi et santé))	environnemental (Réduction de la vulnérabilité	cout d'investissement (économique)	Maitrise technique locale (technique	Acceptabilité sociale	cadre institutionnel /reglementaire	Niveau de cohérence avec la stratégie nationale	Poids pondéré
Unités	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High	
Poids	**0,14**	**0,11**	**0,14**	**0,13**	**0,13**	**0,07**	**0,05**	**0,23**	
Agriculture de conservation	100,00	50,00	100,00	0,00	100,00	86,67	100,00	100,00	**80,57**
Ajustement de la carte agricole	60,00	0,00	5,88	21,43	80,00	56,67	35,71	73,91	**45,16**
Payement des services des écosysteme au secteur de la forêt	60,00	31,25	94,12	28,57	85,00	100,00	71,43	34,78	**58,35**
Assurance climatique pour l'agriculture	0,00	100,00	52,94	14,29	75,00	93,33	42,86	69,57	**54,70**
Equipement des points d'eau de photovoltaique pour l'irrigation et l'hydraulique pastorale	8,00	75,00	0,00	71,43	50,00	80,00	28,57	30,43	**39,18**
Agriculture mixte	20,00	31,25	17,65	32,14	80,00	53,33	35,71	34,78	**36,81**
Valorisation des eaux usées traitées en agriculture (Création de PI de Boucha et Tunis Ouest)	52,00	6,25	5,88	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**21,79**

Tableau 13. Priorisation des options technologiques pour le secteur de l'agriculture

Rang	Option	Score
1	Agriculture de conservation	80,57
2	Payement des services des écosysteme au secteur de la forêt	58,35
3	Assurance climatique pour l'agriculture	54,70
4	Ajustement de la carte agricole	45,16
5	Equipement des points d'eau de photovoltaique pour l'irrigation et l'hydraulique pastorale	39,18
6	Agriculture mixte	36,81
7	Valorisation des eaux usées traitées en agriculture (Création de PI de Boucha et Tunis Ouest)	21,79

Sur la base de cette priorisation, Le groupe a retenu les deux premières technologies comme suit :

- L ’agriculture de conservation ;
- Le payement des services des écosystèmes

L’analyse de sensibilité s’est basée sur l’accord d’un poids alternatif (tableau 14) aux critères en favorisant les poids des critères du coût d’investissement et la réduction de la vulnérabilité au dépend d’autres critères comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Cette analyse a permis de réduire les scores mais elle a maintenu le même classement des technologies.

Tableau 14. Poids alternatifs pour l’analyse de la sensibilité

Critères	Poids	Poids alternatif
Economique (Augmentation d la productivité, préservation du capital productif et valorisation des RN)	14%	14%
social (Lutte contre la pauvreté (y compris creation d'emploi et santé))	11%	10%
environnemental (Réduction de la vulnérabilité	14%	20%
cout d'investissement (économique)	13%	20%
Maitrise technique locale (technique	13%	10%
Acceptabilité sociale	7%	5%
cadre institutionnel/reglementaire	5%	5%
Niveau de cohérence avec la stratégie nationale	23%	16%
Total	100%	100%

4. Priorisation des Technologies pour le Secteur « Ressources en eau »

4.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de la gestion des ressources en eau

Les ressources hydrauliques totales de la Tunisie sont évaluées à 4,874 milliards m^3/an, dont 2,7 milliards m^3/an d'eaux de surface, et sont caractérisées par les disparités interannuelles, régionales importantes. De ce fait, la dotation est de 385 m^3 par an et par habitant ce qui montre que la Tunisie vit déjà sous un stress hydrique.

La pluviométrie moyenne annuelle en Tunisie varie entre 400 mm et 1500 mm sur environ 25% de la surface de la Tunisie situés au nord, alors qu'environ 60% du pays reçoit moins de 200 mm par an. Cette pluviométrie est à l'origine des disparités interrégionales des ressources en eau de surface. Ainsi la majeure partie des eaux de surface sont situées au nord qui rassemble les principaux oueds de la Tunisie et reçoit les plus importantes précipitations ce qui implique des besoins de grands transferts pour alimenter les zones littorales du pays. Du point de vue qualité, seulement 72% du potentiel en eau de surface a une salinité inférieure à 1,5 g/l (82% des eaux du nord, 48% des eaux du centre et 3% des eaux du sud) ce qui veut dire que l'agriculture utilise une eau asse chargée avec toutes les conséquences négatives sur les sols.

A la fin de l'année 2014, l'eau de surface est mobilisée à travers 33 barrages dont la capacité de retenue totale actuelle est de 2,237 Km^3 (le volume de la vase est déduit), 253 barrages collinaires d'une capacité totale de 266 millions de m^3, et 893 lacs collinaires d'une capacité totale de 93 Mm^3.

L'objectif de la stratégie de mobilisation de l'eau 2002-2011 visait le développement de l'infrastructure conventionnelle (essentiellement réservoirs et eaux souterraines) et à porter le taux de mobilisation des ressources en eau à 95% du potentiel, ce taux est pratiquement atteint.

L'envasement des retenues des barrages constitue actuellement l'un des problèmes les plus épineux qui réduit le volume d'eau stocké. Le volume des sédiments dans les barrages est estimé à 500 millions de m^3, soit 17 millions de m^3 par an en moyenne. La cause principale est la dégradation des bassins versants en amont des réservoirs et ce malgré les actions de protections des bassins versants mises en place.

Aussi, un problème majeur est celui des inondations qui se sont accentuées ces dernières années. En effet, les études antérieures ont recensé plusieurs inondations depuis le début du siècle (1902 : des inondations généralisées sur tout le pays, Novembre 1931 : le Nord Est et le Sahel méridional, et en 1932 en Tunisie Centrale suite au débordement de Sabkhet El Kelbia). Par ailleurs, les plus graves inondations ont eu lieu en 1969 sur la Tunisie Centrale (542 morts et 303974 sans-abri). En revanche, la crue historique est celle de la Medjerda survenue en Mars 1973 (avant la construction du barrage Sidi Salem) plus particulièrement dans la basse vallée de la Medjerda. Les inondations urbaines les plus importantes ont eu lieu à Sfax (1982) et sur le Grand-Tunis (2003). Les dernières inondations de 2012 ont concerné le Nord du pays en particulier les gouvernorats de Jendouba, El-Kef et Siliana.

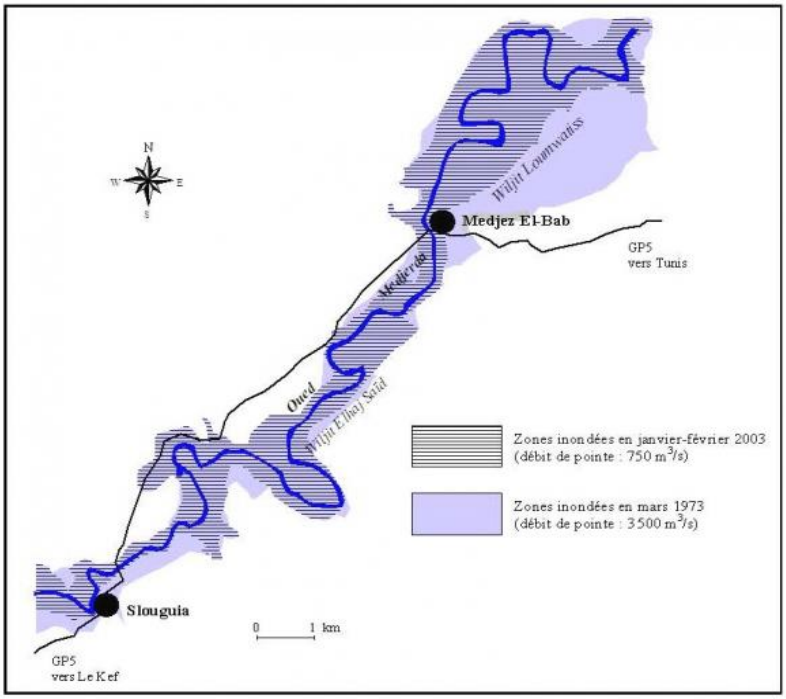


Figure 12. Zones inondées par la Medjerda dans le secteur de Medjez El-Bab en mars 1973 et en janvier-février 2003 (Rapport SAP, Phase II)

Les inondations de 2012 ont été caractérisées par de fortes précipitations associées à des chutes de neige essentiellement sur les hauteurs du Nord et du Centre-Est. Les précipitations maximales ont été enregistrées dans les régions de Mateur, Bou Salem et Jendouba. Selon l'INM, les derniers jours du mois de Janvier 2012 ont été particulièrement pluvieux (>50 mm/jour) sur l'ensemble du Nord. Il en est de même concernant le mois de Février sur l'ensemble de la région du Nord-Ouest (450mm à Joumine et 554 mm à Ain-Drahem).

Les inondations de 2011 ont touché le Nord du pays, plus particulièrement la région de Zaghouan et la basse vallée de la Medjerda. Les quantités de pluie enregistrées le 31 octobre 2011 ont été importantes sur les régions de Zaghouan (180 mm), Nabeul (156 mm) ainsi que le Grand Tunis (plus de 100 mm). Ces fortes précipitations ont causé en particulier des perturbations sur plusieurs axes routiers. Aussi, les inondations éclairs de Redeyef (2009) sont dues aux crues subites des oueds Baiech et El-Melah. En l'espace d'une demi-heure (de 5h à 5h30 du matin), 150 mm de pluies se sont abattues sur la région de Redeyef prenant de court des habitants dans leur sommeil. La topographie de Redeyef, situé dans une cuvette, associée à cette forte intensité de pluie a donné lieu à des pertes humaines considérables (17 morts et 8 blessés) ainsi qu'à des dégâts matériels importants.

Les pluies exceptionnelles survenues le 17 Septembre 2003 sur le Grand Tunis constituent des records jamais atteints dans le passé. Une seconde inondation consécutive avec des pluies très importantes (de l'ordre de 100 mm) est survenue le 24 Septembre 2003. Elle a été caractérisée par des intensités maximales exceptionnelles qui ont atteint 136 mm/h sur 15 minutes, 114mm/h sur 30 minutes, 82 mm/h en une heure et 49 mm/h sur deux heures. Ces deux inondations survenues à 7 jours d'intervalle constituent une singularité qui a augmenté la vulnérabilité urbaine surtout lors de la seconde inondation.

Les inondations de la région de Sfax en 1982 ont été particulièrement intenses (140.8 mm le 30 octobre 1982 avec un temps de retour de 160 ans). Plus encore, les quantités enregistrées sur un intervalle de 13 heures (entre le 30/10 à 22 heures et le 31/10 à 11 heures) avaient atteint 177,3 mm (période de retour égale à 500 ans. Ces inondations étaient à caractère urbain, l'infrastructure de la

ville de Sfax a constitué un facteur aggravant de la vulnérabilité. Au niveau de la ville de Sfax, les inondations de septembre 1969 furent exceptionnelles par leur quantité en revanche, celles d'octobre 1982 le furent par leurs intensités.

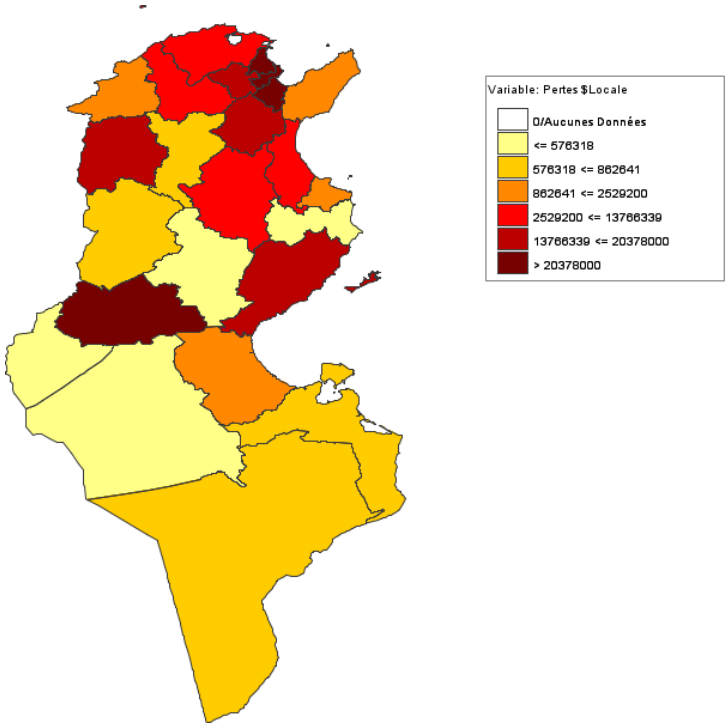


Figure 13. Pertes dues aux inondations en dinars tunisiens de 1982 à 2013 (Source : DESINVENTAR)

L'essentiel des eaux souterraines proviennent des nappes profondes du sud, et dont les plus importantes sont des nappes fossiles non renouvelables (610 millions de m^3/an qui représentent 42% des ressources en eau souterraines profondes). Ces ressources font partie du bassin du SASS qui est partagé avec la Lybie et la Tunisie dont un mécanisme de concertation existe mais de convention ou de stratégie de gestion commune entre les trois pays. En plus, la qualité des eaux souterraines est médiocre puisque 84 % de ces ressources en eaux souterraines ont des niveaux de salinité dépassant 1,5 g/l. Cette dégradation résulte d'une surexploitation qui représente 103% des ressources totales des nappes profondes estimées à 1429 millions de m^3. La surexploitation est signalée surtout aux nappes profondes des gouvernorats de Ben Arous (105%), Nabeul (154%), Kairouan (123%) Kasserine (112%) et Kébili (169%). L'usage agricole est le plus important consommateur avec 77,5% du volume total prélevé de la nappe profonde. La conséquence majeure de cette surexploitation est un abaissement important du niveau et des perspectives de disparition de l'artésianisme et de l'altération graduelle de la qualité chimique de l'eau.

Les nappes phréatiques dont le potentiel est estimé à 846 Mm^3 souffrent d'une surexploitation qui a atteint pour certaines nappes du centre du pays un taux de 139%.

Cette situation va s'aggraver dans les années à venir avec l'augmentation de la demande en eau et sous l'effet des changements climatiques, avec une baisse des ressources en eaux conventionnelles estimée à environ 28 % à l'horizon 2030. La diminution des eaux de surface avoisinerait 5% au même horizon. L'augmentation des phénomènes extrêmes (inondations et sècheresses) fragilisera davantage la situation hydrique du pays.

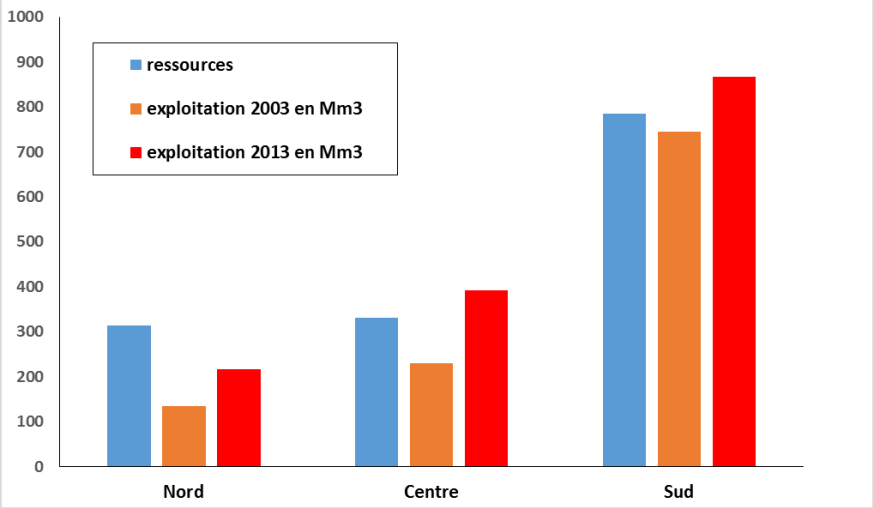


Figure 14 . Ressources et exploitations des nappes profondes par région

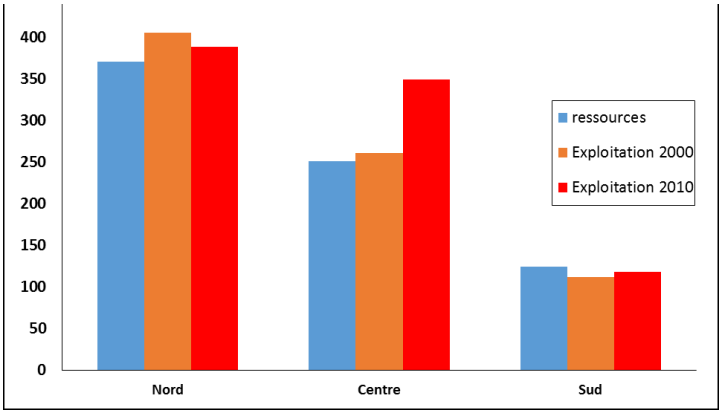
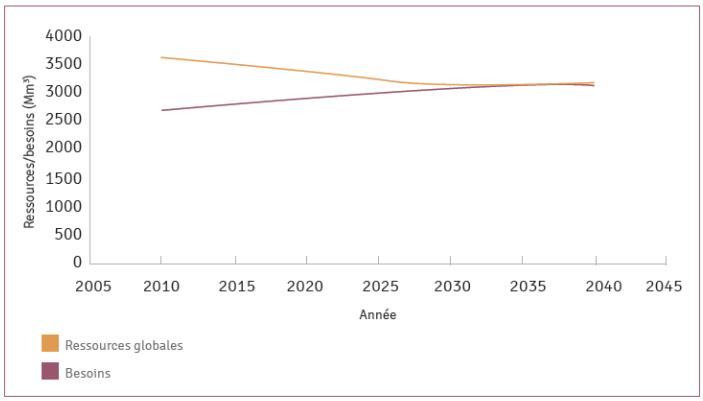


Figure 15. Ressources et exploitations des nappes phréatiques par région

Par ailleurs, suite à l'élévation attendue du niveau de la mer, les pertes par salinisation des nappes côtières seraient d'environ 50% des ressources actuelles de ces nappes, à l'horizon 2030, soit près de 150 millions de m^3.



(Source : Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Eau, 2007)

Figure 16. Evolution pressentie des ressources et des besoins en eaux face au changement climatique

Les ressources en eau font face à différents défis qui ont tous des retombées économiques négatives :

- ✓ Le potentiel par habitant est de moins de 385 m^3/hab/an, volume en dessous du seuil de pauvreté ;
- ✓ Le problème de qualité liée à la pollution des eaux par les différents rejets et à la surexploitation des nappes (seulement 52% du potentiel en eau global est de salinité inférieure à 1,5 g/l) ;
- ✓ Le problème de la demande sans cesse croissante (le volume produit par la SONEDE en 2013 a été de 612 Mm^3 alors que la stratégie eau 2030 a projeté moins de 500 Mm^3 en 2030) ;
- ✓ Des besoins du secteur agricole très importants (83% du potentiel) ;
- ✓ La tarification de l'eau ne permet pas de couvrir les charges d'exploitation (les services de l'eau sont donc compromis) ;
- ✓ La contrainte liée à une empreinte eau très importante, c'est-à-dire une importation d'eau sous forme d'eau virtuelle à travers les importations agro-alimentaires ;
- ✓ Une contrainte liée aux besoins d'énergie pour assurer le pompage de l'eau et surtout pour le dessalement, secteur énergivore par excellence ;
- ✓ Contrainte lié au fait que certaines ressources sont partagées avec l'Algérie pour le bassin de la Medjerda et avec l'Algérie et la Libye pour le bassin du SASS et absence de convention ou traité règlementant la gestion entre les pays ;
- ✓ Une infrastructure de l'eau vétuste et de capacité ne permettant plus de satisfaire les besoins en période de pointe ;
- ✓ Des inondations fragilisant les secteurs socio-économiques et les ressources naturelles (eau et sol) ;
- ✓ Une législation peu ou pas respectée nécessitant aussi une révision et une adaptation au contexte actuel et intégrant les défis globaux majeurs comme le changement climatique ;
- ✓ Un cadre institutionnel large avec peu de coordination efficace et donc une gouvernance fragile.
- ✓ Cout de dégradation de l'eau estimé en 2007 à 0,6% du PIB (banque mondiale, 2007) répartie entre 'agriculture : 67,9 MDT (0,2%) ; la biodiversité : 7,3 MDT (0,0%) ; la pêche : 16,7 MDT (0,1%) ; la surexploitation des Eaux souterraines : 44,4 MDT (0,1%) ; la santé : 33,5 MDT (0,1%) et le tourisme : 37,6 MDT (0,1%).

4.2. Contexte de décision

Le Ministère de l'agriculture a développé différentes stratégies pour la mobilisation des eaux, pour la recharge de nappe, pour l'économie d'eau dans le secteur irrigué et l'eau potable, pour protection des sols et la protection des ressources naturelles afin de réduire les pressions sur l'utilisation des ressources en eau. La gestion intégrée des ressources en eau a été l'approche adoptée pour une gestion efficace de la ressource. Aussi, le Ministère de l'environnement et du développement durable a mis en place différentes stratégies pour renforcer les efforts du Ministère de l'agriculture pour la protection des ressources en eau. On cite à cet effet la stratégie de valorisation des eaux usées traitées, la stratégie de l'ONAS pour l'assainissement et l'épuration des eaux usées et des boues, la stratégie de communication sur la réutilisation des eaux usées traitées et des boues, la stratégie nationale de changement climatique, le réseau national de surveillance de la pollution hydrique, etc. Aussi les connaissances sur le secteur de l'eau sont améliorées avec la mise en place en cours du système d'information sur l'eau (SYNEAU).

Les efforts de l'Etat comme décrit ci-dessous seront renforcés afin d'atteindre les objectifs tels que fixés par la note d'orientation pour le plan de développement 2016-2020:

- De passer d'un taux de mobilisation des ressources hydriques de 92 % à 95 % en 2020
- De passer d'un taux de rendement du réseau d'eau potable de 72.6% à 80% en 2020
- D'assurer un taux de desserte en eau potable en milieu rural de 96 % en 2020
- De réutiliser 50% des eaux usées épurées (en agriculture ou pour la recharge de nappe)

De façon plus concrète, les mesures suivantes sont en cours pour une gestion intégrée des ressources en eau même si la prise en compte des impacts du changement climatique demeure relativement timide.

- **La maitrise de la dégradation de la qualité de l'eau**

La pollution d'origine agricole qui est due à une utilisation excessive des engrais chimiques, peut contaminer essentiellement les eaux des nappes phréatiques par les nitrates qui ont des répercussions sur la santé publique. Afin de limiter cette pollution, l'optimisation au maximum possible de l'utilisation des engrais chimiques et de substituer progressivement les pesticides par la lutte biologique. L'ANPE a mis en place un plan d'action national pour la maitrise de la pollution hydrique par secteur d'activité et un réseau national de surveillance de la pollution hydrique.

- **L'intensification de la recharge artificielle**

La recharge artificielle de la nappe constitue une des principales orientations pour la gestion efficace des eaux souterraines en complémentarité avec les autres disponibilités en eau. Elle est conçue pour la préservation de la ressource contre la salinisation des nappes côtières et le stockage de l'excédent en eau de surface. La seule contrainte est la disponibilité de l'eau de surface et aussi le cout de recharge.

Actuellement, la recharge artificielle de la nappe aussi bien par les eaux conventionnelles que par les EUT demeure faible et en déca des volumes alloués pour des raisons relatives à la gestion des ouvrages de recharge et à la qualité des EUT.

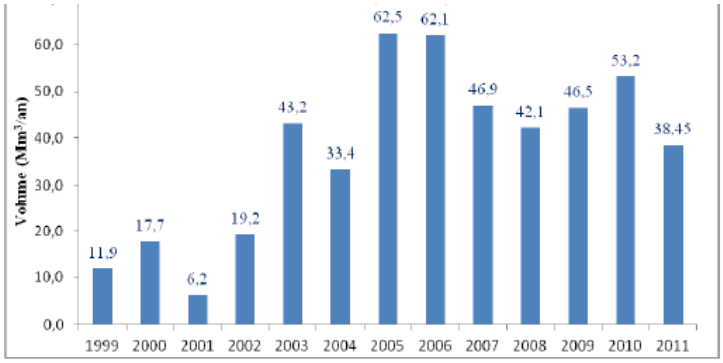


Figure 17. Evolution des volumes d'eau rechargés entre 1999-2011 (DGRE, 2011)

La recharge artificielle par les eaux usées traitées est pratiquée dans les gouvernorats de Mahdia, Nabeul et Sfax. En 2011 le volume de recharge des nappes concernées a atteint 1,28 Mm^3 et ne représente qu'environ 3 % du volume total rechargé.

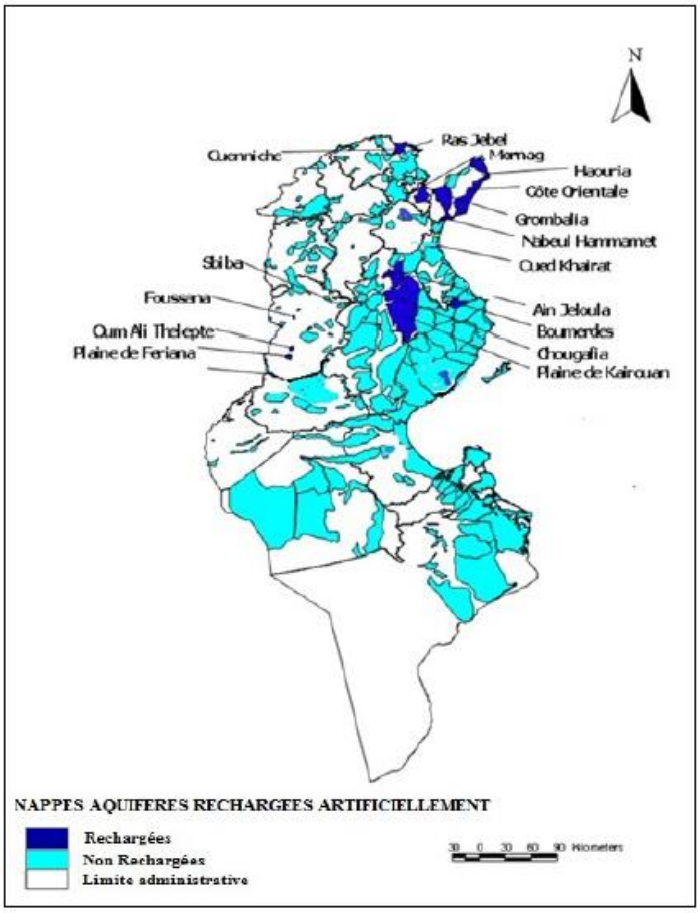


Figure 18. Plan de recharge des nappes (DGRE 2011)

- **La protection des barrages contre l'envasement**

L'envasement des retenues des barrages constitue actuellement l'un des problèmes les plus épineux qui réduit le volume d'eau stocké. Le volume des sédiments dans les barrages est estimé à 500 millions de m^3, soit 17 millions de m^3 par an en moyenne. La cause principale est la dégradation des bassins versants en amont des réservoirs.

Des actions de protection et des travaux de CES dans les parties amont des bassins versants vulnérables, permettront de protéger les grandes retenues d'eau contre l'alluvionnement rapide. L'efficacité des techniques pratiquées en Tunisie depuis le début des années 1990 est en cours d'évaluation par la DG/ACTA et une stratégie nationale de la DG/ACTA est en cours d'élaboration qui va se baser essentiellement sur la protection des ressources naturelles.

- **La transition vers la gestion de la demande**

Afin d'alléger la pression de la demande sur les ressources en eau, la Tunisie s'est engagée au passage progressif d'une gestion de l'offre à une stratégie de gestion de la demande, laquelle a vocation à devenir une composante essentielle de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Cette stratégie est susceptible d'orienter le comportement des usagers vers une utilisation de l'eau plus efficace et de maintenir la demande à un niveau compatible avec les ressources. Ce programme s'intègre en réalité dans une série de réformes :

- *Les mesures de la gestion de la demande de l'eau potable par la combinaison des instruments techniques (généralisation du comptage individuel, amélioration de l'efficience des réseaux, audit des consommations) et économiques (adaptation des tarifs aux secteurs d'usage et au niveau de la consommation), et permet une meilleure maîtrise de la demande en eau.*

- *La réhabilitation et la modernisation des systèmes d'irrigation afin de baisser les pertes au niveau des réseaux d'adduction et de distribution estimées actuellement à 35%, économiser de l'eau et améliorer l'efficience des réseaux collectifs et cela par différents programmes*[14]
- *L'amélioration de l'efficience des systèmes d'irrigation individuels par l'adoption d'un Programme National d'Economie d'Eau en Irrigation favorisé par la décision relative à l'augmentation de la subvention d'investissement accordée aux équipements d'irrigation modernes.*
- *La mise en place de systèmes adéquats de tarification et le recouvrement des coûts de l'eau aussi bien pour l'eau potable que pour l'eau d'irrigation*
- *La gestion participative des systèmes d'eau par 2736 GDA (1369 GDA d'AEP rural desservant une population de 1,6 million d'habitants et 1232 GDA aux PPI sur une surface de 200 000 hectares, soit environ 90% de la surface totale des PPI et 135 GDA mixtes). La performance des GDA. Aussi des projets d'assistance technique pour la mise en œuvre de la stratégie de pérennisation des systèmes hydrauliques sont en cours.*

Le développement des ressources non conventionnelles

La réutilisation des eaux usées traitées

Le nombre des périmètres irrigués par les EUT s'élève à 28 périmètres à partir de 26 stations d'épuration, répartis sur 15 gouvernorats et une superficie irrigable de 8095 ha.

Malgré une certaine avancée au cours des dernières décennies, des signes d'essoufflement ont été constatés en rapport avec une qualité des EUT parfois inadéquate. Le taux d'utilisation effectif demeure faible : Près de 7% du volume total des effluents traités en moyenne, en raison de la qualité des eaux délivrées et d'une adhésion imparfaite des agriculteurs. La maîtrise de la qualité et son adaptation à l'usage et la diversification de l'utilisation des eaux usées traitées à d'autres secteurs non agricoles par l'introduction d'usages municipaux sont en mesure de redynamiser le secteur.

Aussi une stratégie de communication sur la valorisation des eaux usées traitées et des boues a été élaborée par la DG/EQV en 2014 et est en cours de mise en œuvre.

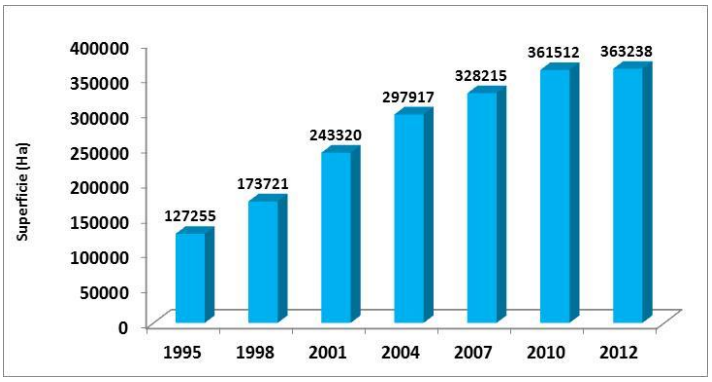


Figure 19. Evolution des superficies irriguées avec équipements d'économie d'eau

[14] *Le projet d'économie d'eau dans les périmètres de petite et moyenne hydraulique de la Tunisie Centrale (1999-2007), le projet d'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du sud (APIOS) (deux tranches : 1997-2003 et 2008-2017) et le projet de modernisation des périmètres irrigués de la basse vallée de la Medjerda (2004-2012).*

Le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer

Le dessalement est actuellement pratiqué en Tunisie pour l'alimentation en eau potable (SONEDE) et l'industrie (Groupe Chimique de Tunisie) avec des capacités appréciables, et à moindre importance dans certaines autres zones touristiques et industrielles. Ainsi, la capacité de dessalement installée est actuellement estimée à environ 138 000 m^3/j. Elle se fait principalement, à partir du dessalement des eaux saumâtres.

De nouvelles stations d'eau saumâtres sont programmées dans le sud pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable dans le cadre du projet national d'amélioration de la qualité (PNAQ 1 et PNAQ 2) ainsi que trois stations de dessalement d'eau de mer sont prévues à Djerba (50000 m^3/j) est en cours de construction, Sfax (100000 m^3/j), Zarrat (50000 m^3/j) et Kerkennah (6000 m^3/j) sont en cours d'études. La situation du dessalement est donnée dans la figure suivante.

- **La préservation des eaux souterraines contre la surexploitation**

Un plan d'action est mis en place pour la maîtrise de l'exploitation des nappes par le recours à la recharge artificielle à partir des travaux de CES et de l'injection directe des ressources en eau de surplus. Par ailleurs, un renforcement de la législation est en cours (nouveau code de l'eau en cours de validation par l'ANP) qui favorise aussi l'engagement des usagers à la gestion collective de ces ressources. Plusieurs mesures sont donc déjà engagées:

- ✓ La recharge artificielle de la nappe.
- ✓ Le d'écrêtement de 33 zones de sauvegarde et d'interdiction.
- ✓ Les prélèvements d'eau souterraine sont soumis à une redevance au profit de l'Etat.
- ✓ L'installation progressive de compteurs volumétriques aux forages d'eau.
- ✓ Suivi rigoureux de la qualité des ressources en eau
- ✓ L'électrification des points d'eau est soumise à l'autorisation préalable du MARHP

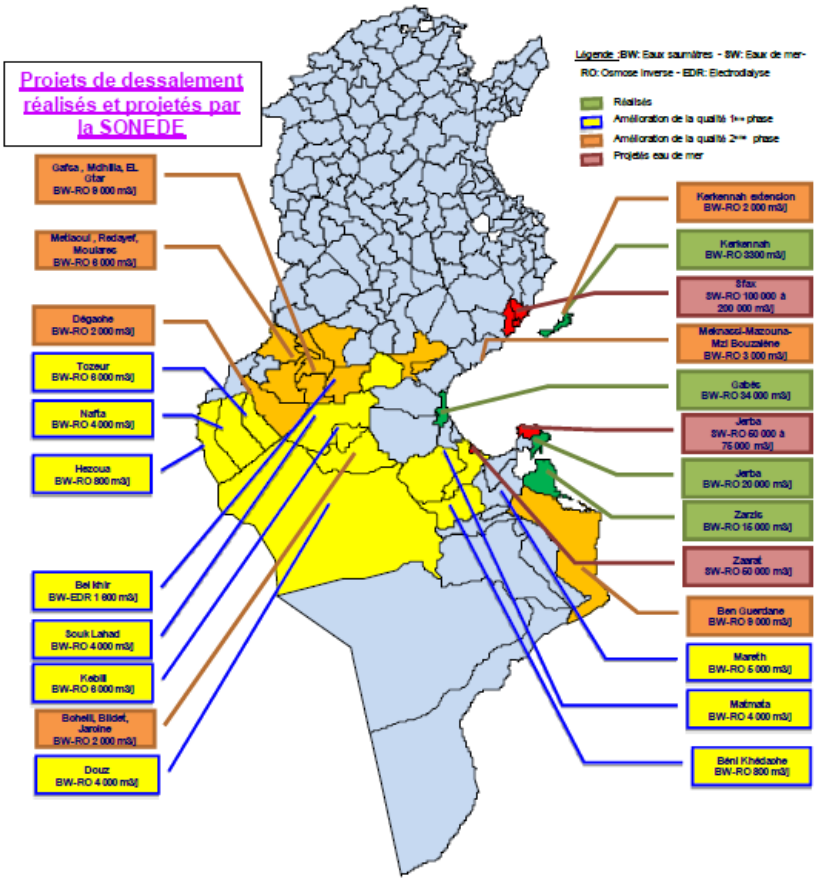


Figure 20. Situation des stations de dessalement de la SONEDE en Tunisie (SONEDE, 2014)

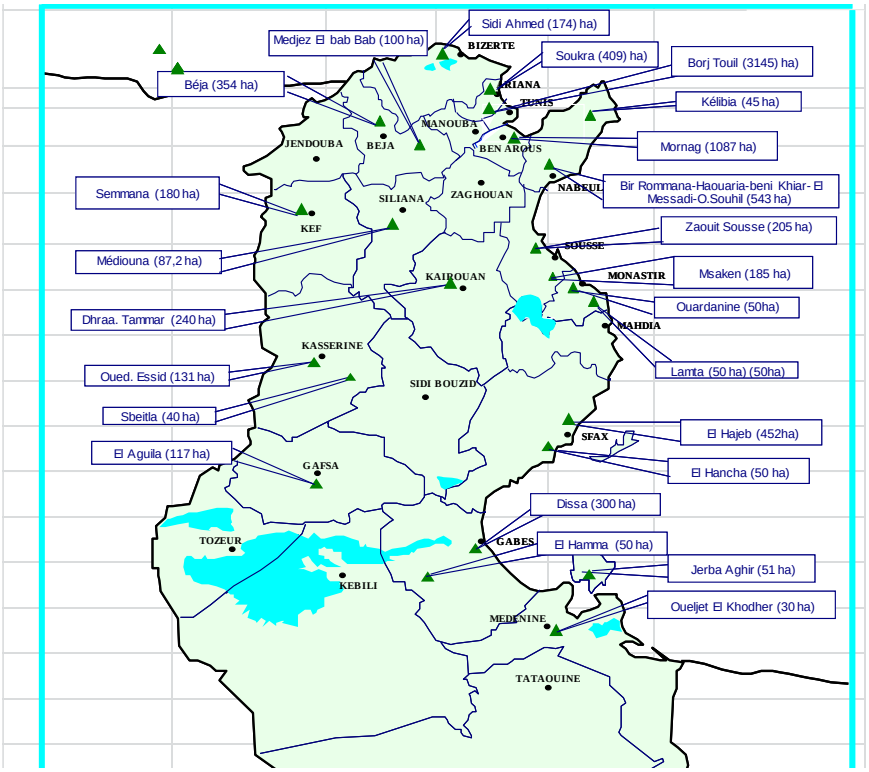


Figure 21. Situation des périmètres irrigués par les eaux usées traitées en 2011

- **Prévention contre les inondations**

La prévention des risques d'inondation a commencé par l'évaluation des zones pouvant subir des inondations et puis par la proposition de remèdes techniques, juridiques et humains pour y remédier. Cette prévention consiste alors à la réduction des effets dommageables des inondations, plusieurs moyens sont conjointement mis en œuvre pour arriver à ces fins. Il s'agit de :

- la réalisation des études de protection contre les inondations
- mesures curatives par la réalisation des infrastructures de protection comme les digues, les canaux, les barrages, etc.
- la prévision et de la prédiction
- l'information et l'action préventive
- la planification adaptée de l'aménagement du territoire
- règles de construction
- l'élaboration de plans de secours et de gestion de crise

De l'indépendance à 1990, l'Etat tunisien a approché la réduction des risques de catastrophe par le renforcement des capacités de réponse. Il a tenté de réduire la vulnérabilité en érigeant des ouvrages de protection, contre les inondations, en particulier et pour faire face au risque d'inondation, l'État a mis en place une stratégie de prévention et de gestion des catastrophes, composée d'un plan national d'organisation des secours, de plans régionaux et de plans spécifiques.

En ce qui concerne l'alerte, c'est le Ministère de l'Intérieur est responsable de donner l'alerte basée sur l'information hydrologique fournie par le Ministère de l'agriculture et ressources en eaux et l'INM à partir de la réception du bulletin Météo par les autorités régionales et par la protection civile. Cette information est analysée et, en fonction du danger, la protection civile informe les services concernés par le plan bleu afin de se préparer et d'être prêt pour le déclenchement du plan bleu par le gouverneur. Les figures ci-dessous décrient l'organisation de la diffusion et du déclenchement de l'alerte en Tunisie.

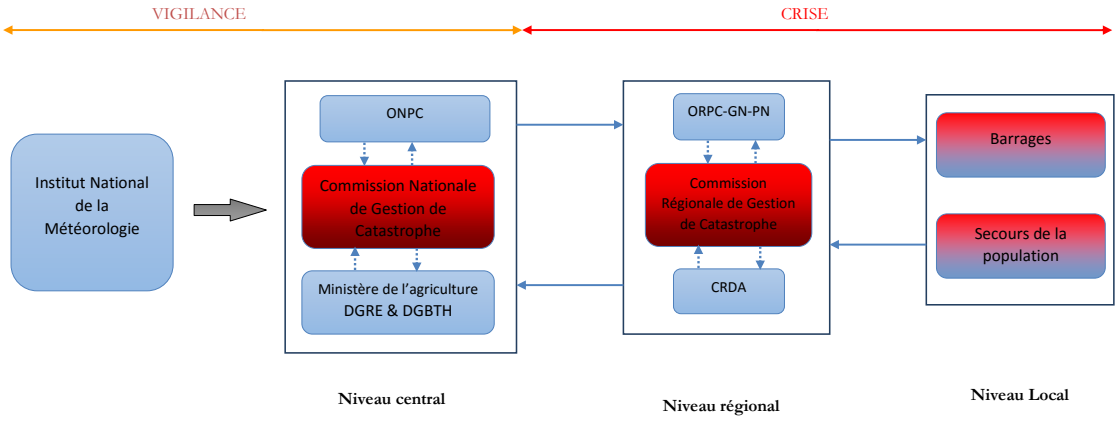


Figure 22. Organisation de la chaîne d'alerte et gestion de crise en Tunisie[15]

[15] Système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des Risques Liés aux Extrêmes Climatiques en Tunisie – Elaboration d'une Etude de Faisabilité. Rapport de phase 1 « Analyse critique de l'existant »

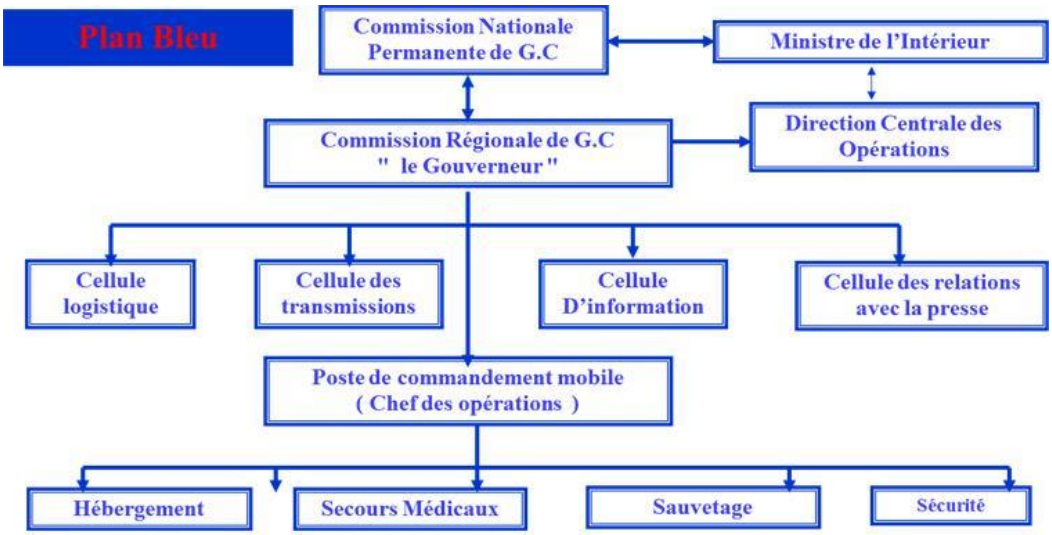


Figure 23. Déclenchement du Plan Bleu[13]

Le diagnostic du système actuel a fait ressortir les principales défaillances suivantes :

- Des moyens d'information insuffisamment mobilisés
- Des moyens humains, informatiques et de communication insuffisants.

4.3. Options d'adaptation technologique pour le Secteur « ressources en eau » et leurs Principaux Avantages en matière d'Adaptation

Les options technologiques identifiées ci-dessous sont celles qui viennent renforcer les efforts de l'Etat pour atteindre les objectifs fixés pour le plan de développement 2025-2016 existantes et appuyer les compétences technologiques existantes comme décrit ci-dessous :

Le dessalement

Le dessalement a deux origines : le dessalement des eaux saumâtres et le dessalement d'eau de mer. Les eaux saumâtres (RS >5 g/l) proviennent de l'écoulement de certains oueds ainsi que des réserves de certaines nappes aquifères (particulièrement les nappes phréatiques du Sahel et du Sud du pays; ainsi que les nappes profondes dont la surexploitation a entrainé la salinisation de leurs eaux. On estime les eaux saumâtres souterraines à près de 614 Millions de m^3/an dont 340 M m^3/an à partir des nappes phréatiques et 274 M m^3/an à partir des nappes profondes (DGRE, 2006). Le potentiel en eau dessalée à partir des eaux saumâtres des aquifères est déjà appréciable dans le bilan global en eau du pays et il ne doit pas être recompté comme nouvelle ressource.

Le dessalement est actuellement pratiqué en Tunisie pour l'alimentation en eau potable (SONEDE) et l'industrie (Groupe Chimique de Tunisie) avec des capacités appréciables, et à moindre importance dans certaines autres zones touristiques et industrielles. Ainsi, la capacité de dessalement installée est actuellement estimée à environ 138 000 m^3/j (tableau 15). Elle se fait principalement, à partir du dessalement des eaux saumâtres.

La valorisation des eaux usées traitées

L'office national de l'assainissement gère 110 stations d'épuration et fournit des volumes d'eau usées traitées dont seulement 24% sont réutilisées. L'évolution de ces ressources est fournie dans la figure 24 suivante.

Tableau 15 . Capacité des stations de dessalement en Tunisie et salinités des eaux brutes

Station	Maitre d'ouvrage	Capacité (m3/jour)	Salinité de l'eau brute (g/l)
Kerkenah	SONEDE	3300	3,6
Gabes	SONEDE	34000	3,2
Zarzi	SONEDE	15000	6
Djerba	SONEDE	20000	6
Skhira	Groupe Chimique Tunisien	10000	9
Schira	Société TIFRET	12000	40 (eau de mer)
Autres	Secteurs touristique et industriel	43500	eaux saumatres/eau de mer
Total		**137800**	

Le système d'alerte

Il existe en Tunisie un système d'alerte comme décrit ci-dessus qui nécessite d'être renforcé et amélioré en tenant compte des effets du changement climatique.

La collecte des eaux pluviales

Cette technologie est développée en Tunisie plus dans les villes ou la pluviométrie est faible mais l'est moins dans les zones pluvieuses mais où le relief ne permet pas la mise en place de réseau d'eau potable comme dans les zones urbaines.

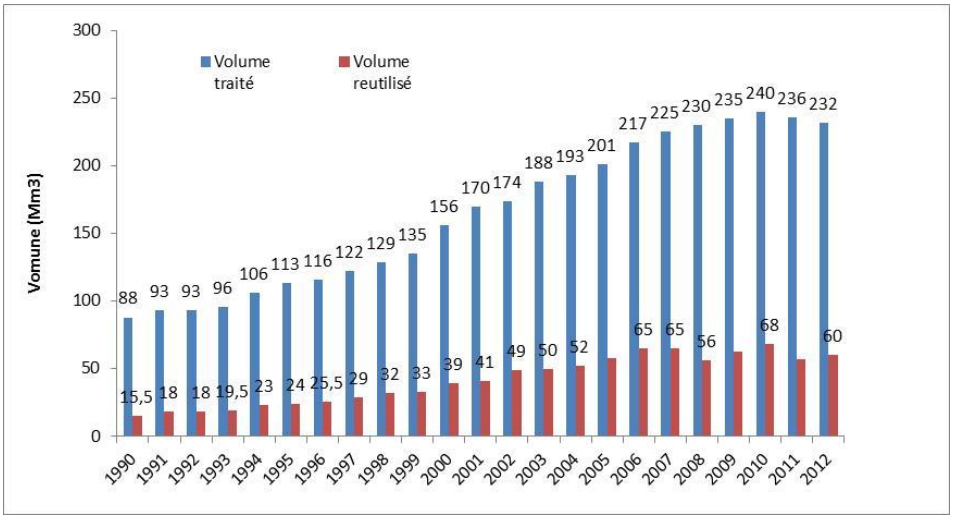


Figure 24. Evolution des volumes d'eaux usées traitées et réutilisés

La recharge des nappes

Les technologies relatives à la recharge des nappes existent et visent la valorisation des eaux excédentaires et des eaux usée traitées dans l'objectif aussi de réduire la surexploitation des nappes.

Les technologies d'économie de l'eau

Ces technologies sont développées en Tunisie dans les périmètres irrigués par la mise en place d'équipement goutte à goutte et aussi au niveau de la SONEDE par différentes mesures telle que décrit ci-dessus.

De même que pour le secteur de l'agriculture, sur la base des technologies proposées par l'expert adaptation lors de l'atelier du 8-9 septembre, des échanges avec le groupe adaptation lors des ateliers du 21 septembre ont permis de les ajuster et de les compléter. Des réunions bilatérales ont été également nécessaires pour affiner certaines fiches. Aussi, une réunion interne au Ministère de l'agriculture a été coordonnée par le représentant de la direction de la coopération internationale du Ministère de l'agriculture et qui est membre du Comité national EBT, et qui a permis d'arrêter les technologies pertinentes pour le secteur « ressources en eau ».

Pour le secteur de l'eau, la liste des 7 technologies sélectionnées est donnée ci-dessous sachant que les fiches technologiques détaillées sont fournies dans l'annexe I.

- ✓ Technologie 1 : Collecte des eaux pluviales ;
- ✓ Technologie 2 : Recharge de nappe dans le gouvernorat de Zaghouan ;
- ✓ Technologie 3 : Système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des crues ;
- ✓ Technologie 4 : Réseau d'eau potable intelligent ;
- ✓ Technologie 5 : Dessalement d'eau de mer à Kerkennah ;
- ✓ Technologie 6 : Recharge de nappe de Grombalia ;
- ✓ Technologie 7 : Recharge de nappe de Sisseb.

4.4. Critères et processus de priorisation des technologies

Les mêmes critères (ainsi que leurs pondérations) que ceux retenus pour le secteur de l'agriculture ont été adoptés pour la priorisation dans le secteur de l´eau. De même, pour la notation et l´analyse des résultats, un processus similaire à celui suivi pour le secteur de l´agriculture a été appliqué ici.

Tableau 16. Notation des technologies dans le secteur de l'eau

Options/Critères	Augmentation de la productivité tout en préservant le capital productif	Lutte contre la pauvreté	Réduction de la vulnérabilité au changement climatique	Le cout de la technologie	Maitrise locale de la technologie et possibilité de réplication	L'acceptabilité sociale	La disponibilité du cadre institutionnel et règlementaire	La cohérence avec la politique et/ou stratégie nationale
Unités	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High
Collecte des eaux pluviales	83	88	83	93	83	97	93	97
Recharge de nappe de Fahs	70	60	82	57	73	70	93	93
Système d'alerte precoce (pour la gestion des crues de la haute vallée de la Medjerda)	87	85	93	57	93	82	87	97
Economie d'eau: Installation de compteurs intelligents sur le réseau d'eau potable	90	82	63	60	88	73	87	97
Dessalement d'eau de mer Kerkennah	97	98	53	53	83	80	87	88
Recharge de nappe de Grombalia	77	67	88	63	80	77	73	80
Recharge de nappe de Sisseb	77	67	82	70	67	83	80	73

4.5. Résultats de la priorisation des technologies

Sur la base des résultats du tableau qui fournit la pondération des notations des technologies en suivant la même démarche et le même processus participatif que pour le secteur de l'agriculture, la priorisation des technologies pour le secteur de l'eau a permis de retenir le classement fournit dans le tableau (18) suivant:

Tableau 17.Pondération des notations des technologies pour le secteur « ressources en eau »

Critère/Options	Economique (Augmentation de la productivité, préservation du capital productif et valorisation des RN)	social (Lutte contre la pauvreté (y compris creation d'emploi et santé))	environnement al (Réduction de la vulnérabilité	cout d'investissement (économique)	Maitrise technique locale (technique	Acceptabilité sociale	cadre institutionnel /reglementaire	Niveau de cohérence avec la stratégie nationale	Poids pondéré
Unités	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High	
Poids	**0,14**	**0,11**	**0,14**	**0,13**	**0,13**	**0,07**	**0,05**	**0,23**	
Agriculture de conservation	100,00	50,00	100,00	0,00	100,00	86,67	100,00	100,00	**80,57**
Ajustement de la carte agricole	60,00	0,00	5,88	21,43	80,00	56,67	35,71	73,91	**45,16**
Payement des services des écosysteme au secteur de la forêt	60,00	31,25	94,12	28,57	85,00	100,00	71,43	34,78	**58,35**
Assurance climatique pour l'agriculture	0,00	100,00	52,94	14,29	75,00	93,33	42,86	69,57	**54,70**
Equipement des points d'eau de photovoltaique pour l'irrigation et l'hydraulique pastorale	8,00	75,00	0,00	71,43	50,00	80,00	28,57	30,43	**39,18**
Agriculture mixte	20,00	31,25	17,65	32,14	80,00	53,33	35,71	34,78	**36,81**
Valorisation des eaux usées traitées en agriculture (Création de PI de Boucha et Tunis Ouest)	52,00	6,25	5,88	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**21,79**

Tableau 18. Priorisation des options technologiques pour le secteur de l'eau

Rang	Option	Score
1	**Système d'alerte precoce pour la gestion des crues de la haute vallée de la Medjerda**	**84,30**
2	**Economie d'eau: Installation de compteurs intelligents sur le réseau d'eau potable**	**68,69**
3	Collecte des eaux pluviales	68,50
4	Dessalement d'eau de mer à Kerkennah	66,87
5	Recharge de nappe de Fahs	49,80
6	Recharge de nappe de Grombalia	42,36
7	Recharge de nappe de Sisseb	28,21

Après concertation du groupe adaptation et en accord avec le coordinateur du projet, les deux premières technologies ont été retenues :

- Système d'alerte précoce
- L'économie de l'eau par l'installation des compteurs intelligents

L'analyse de la sensibilité a été réalisée en appliquant les mêmes poids alternatifs que ceux utilisés pour le secteur de l'agriculture (tableau 14) ce qui a permis de maintenir le classement pour les 2 premières technologies.

5. Priorisation des Technologies pour le Secteur « gestion des zones Côtières et maritimes »

5.1. Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le secteur de la gestion des zones Côtières et maritimes

La vulnérabilité du littoral à l'élévation accélérée du niveau de la mer a été élaborée dans le cadre de la préparation de la 2eme communication nationale de l'UNFCC qui a été aussi complété par la stratégie d'adaptation du littoral au changement climatique. Dans ce cadre, il a été retenu les projections climatiques pour la Tunisie telle que précisé ci-dessus :

- ✓ une augmentation moyenne annuelle de la température de +1,1°C à l'horizon 2030et +2,1°C à l'horizon 2050. Cette augmentation de température est en moyenne de 1,6 °C dans la région du Nord, 2,1°C dans le Centre et 2,7°C dans la région du Sud.
- ✓ une baisse du volume annuel des précipitations qui varie selon les zones de 10% (Nord) à 30% (Sud) à l'horizon 2050 par rapport à la situation actuelle. Cette baisse s'accompagnera très probablement par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches. Les régions les plus touchées sont celles du Sud et du Centre
- ✓ A l'horizon 2050, les études réalisées prévoient une augmentation moyenne du niveau de la mer de 50 cm. Les côtes les plus vulnérables sont celles des banlieues de Tunis, du golfe d'Hammamet et de Djerba.

En plus, un atlas de la vulnérabilité du littoral a été réalisé courant 2015 qui a permis d'ailleurs d'ajuster la longueur totale des côtes Tunisiennes à 2290 km et a aussi défini les différentes formes de vulnérabilité du littoral face à une élévation du niveau de la mer maximale égale à 100 cm à l'horizon 2100.

Les zones côtières sont particulièrement vulnérables aux impacts de l'élévation du niveau marin, mais aussi au réchauffement des eaux de surface ou de l'accentuation des phénomènes extrêmes (tempêtes, cyclones, etc.). Les principaux impacts attendus sont la recrudescence des phénomènes d'érosion côtière, les inondations des zones basses, la destruction des infrastructures hôtelières, portuaires, touristiques, industrielles et de transport, le déclin de l'activité agricole par la salinisation des sols et des eaux et les modifications de la saisonnalité touristique etc.

La vulnérabilité du littoral tunisien à une élévation accélérée du niveau de la mer est mesurée principalement par la submersion et le risque de l'érosion. L'atlas de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation au niveau de la mer indique que 44% des côtes sont vulnérables à très fortement vulnérables, 24% moyennement vulnérables et 32% faiblement vulnérables avec 116.130 ha de terres vulnérables à la submersion dont la répartition est fournie dans la figure 25 ci-dessous.

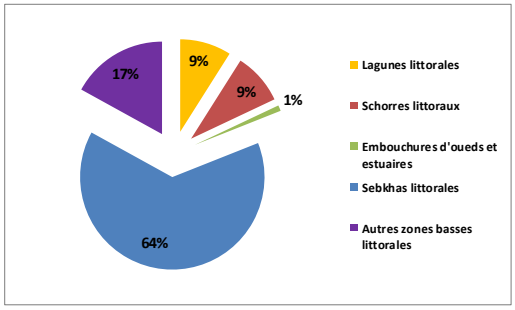
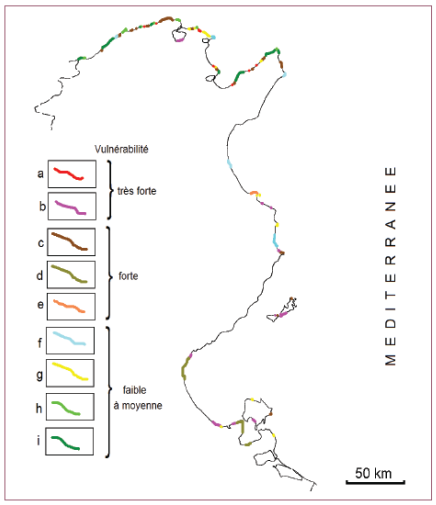


Figure 25. Répartition de terres littorales vulnérables à la submersion

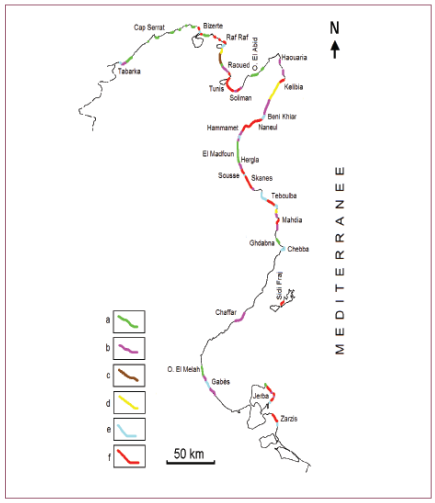
Pour comprendre l'ampleur de la vulnérabilité du littoral au changement climatique, on rappelle que le littoral tunisien est soumis déjà à de fortes pressions. Il est en effet le siège d'une forte concentration urbaine et touristique : 71 % de la population urbaine est y est plantée, soit environ 4 millions d'habitants, 94 % des capacités hôtelières (soit plus de 200.000 lits) sont de caractère balnéaire. Le littoral abrite également les grands centres de production et des services et environ 50% des emplois non agricoles. De ce fait, le littoral est d'une importance économique capitale[16] (41 ports, 24% des superficies totales du pays en céréales, 29% en fourrages, 41% en légumineuses, 50% en maraîchage et 53% en arboriculture. Le littoral abrite également 42% du cheptel bovin, 30% du cheptel ovin et 35% du cheptel caprin). Le changement climatique représente donc une menace émergente de taille. Il amplifie la pression sur les secteurs économiques, d'une part, et remet en cause les stratégies de développement, d'autre part, invitant à intégrer davantage les mesures d'adaptation dans la planification du développement.

Tableau 19. Estimation sommaire des différents types de pressions exercées sur les linéaires côtiers[17]

Site		Retrait estimé à l'horizon 2100 (cm/an)	Linéaire urbanisé (km)	Linéaire touristique (km)	Linéaire industriel (km)	Autres (km)
Tunis	Banlieu Nord	-	10	5	-	3,3 (forêts)
	Banlieu Sud	50	14	1,5	1,4	6
Golfe Hammamet (Korba, Nabeul, Hammamet)		38	9,5	12	-	26,5
Fond du golfe de Hammamet		20	3,6	-	0,9	44
Sud du glfe de Hammamet		80	1,5	4	3 (salines)	6
Djerba, Houmet Essouk		75	3	1	-	5
Djerba, Aghir		135	-	10	-	-



(Source : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2008)



(Source : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2008)

Figure 26. Carte de vulnérabilité du littoral à l'EANM[15]

La vulnérabilité physique du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer conduit à divers impacts socio-économiques directs et indirects comme:

- ✓ La perte par submersion d'environ 16.000 hectares de terres agricoles dans les zones côtières basses ;

[16] MEDD, 2012. Elaboration de la stratégie nationale d'adaptation du littoral tunisien aux effets des changements climatiques.

[17] Seconde communication nationale à la CCNUCC

- ✓ Les pertes par submersion d'environ 700.000 hectares de zones bâties ;
- ✓ Perte par salinisation d'environ 50% des ressources actuellement disponibles dans les nappes côtières ;
- ✓ Les pertes indirectes du potentiel de la superficie irrigable d'environ 38000 ha, à l'horizon 2050, soit 10% de la superficie irriguée actuelle ;
- ✓ La dégradation de l'activité des hôtels front mer, d'une capacité totale d'environ 30000 lits, à cause du retrait des plages ;
- ✓ La dégradation des infrastructures portuaires et littorales ;
- ✓ Selon le rapport de l'INDC, les pertes en capital productif engendrées par ces dégâts s'élèvent à environ 2 milliards US$. Les pertes en production annuelle sont estimées à environ 0,5% du PIB actuel, provenant essentiellement du tourisme (55%) et de l'agriculture (45%) et les pertes d'emplois sont estimées à environ 36.000 emplois essentiellement dans l'agriculture et le tourisme ;
- ✓ Des effets importants peuvent être aussi avoir lieu sur les écosystèmes marins, mais ils sont encore mal évalués et nécessitent des études complémentaires pour mieux les cerner et les quantifier. Au préalable, un suivi et des observations en continue permettront de collecter les données nécessaires à ce sujet.

Sur la base de la stratégie d'adaptation du littoral au CC, les mesures d'adaptation retenues portent essentiellement sur la réhabilitation et la lutte contre l'érosion côtière, le réaménagement et la délocalisation des zones industrielles côtières, la réhabilitation et la protection des infrastructures existantes contre les risques d'impacts climatiques et l'implantation des fermes et infrastructures aquacoles. Le montant global a été estimé à 556 M$.

Tableau 20. Récapitulatif des espaces potentiellement submersibles[15]

Secteur littoral	Zone concernée	Terres submersibles	Pertes espaces en 2100 (ha)
Extrême Nord	Lac Ichkeul	Les espaces situés au contact du lac et à risque d'extension de la zone humide s'étendent autour du Djebel et sur les berges ouest du lac	1000
Golf de Tunis	Lagune Ghar El Meleh	Les espaces qui s'étendent sur les berges sud et ouest du lac	2600
	Delta de la Medjerda et Sebkha Ariana	Les terres très basses formant une bande quasi continue jusqu'à Raoued	2600
	Sebkha Slimane	Occupant une superficie actuelle de 220 ha, elle se transformera en lagune de 270 ha, entourée de 450 ha de zones humides basses	50
Golf de Hammamet	Sebkha de Hammam Laghzez	D'une superficie actuelle de 90 ha, elle se transformera en une lagune de 50 ha entourée d'une zone humide de 60 ha	20
	Sebkha orientale du Cap Bon	D'une superficie totale actuelle de 460 ha plus de 10 sebkhas de transformeront en lagunes de 730 ha entourées des zones basses humides de 730 ha	730
	Fond du golfe Hammamet	Les espaces qui risquent d'être annexés par la mer s'étendent sur quelques 1900 ha	1900
	Sebkha Sidi Khlifa Halk El Menzel	La sebkha Sidi Khlifa et une partie de la Sebkha de Halk El Menzel de 1400 ha se transformeront en lagunes permanentes	1400
Golfe de Gabès	Kerkennah	L'archipel de transformera en un grand nombre d'îlots. La superficie qui sera gagnée par la mer peut être évaluée à environ 30% de la superficie totale	4500
	Ile de Kneis	Une superficie de l'ordre de 400 ha de l'île El Bessila sera submergée par la mer et quelques forêts ne dépassant pas les 150 ha seront soumis à une érosion très sévère qui conduira à leur disparition	400
	Ile de Djerba	Les schorres et les sebkhas les plus basses essentiellement celles de Ras Errami, Lella Hadhria et Bin El Ouediane	3400
Total			**18600**

5.2. Contexte de décision

Sur la base de ses prérogatives, l'APAL a depuis toujours investie ses efforts pour :

- La gestion et l'aménagement des espaces littoraux par :
    - L'aménagement et la valorisation des zones humides ;
    - L'élaboration des plans d'occupation des plages ;
    - Le programme national de la propreté des plages ;
    - L'aménagement des plages et les ports de plaisance selon les critères « pavillon bleu ».

- L'élaboration des études relatives à la protection du littoral
    - La protection des côtes contre l'érosion marine ;
    - La création des aires protégées marines et côtières ;
    - La gestion et la conservation des zones sensibles ;
    - La réalisation des esplanades côtières ;
    - La sensibilisation et l'éducation environnementale.

- L'observation des écosystèmes littoraux par l'observation et le suivi des écosystèmes cotières en créant un observatoire du littoral en 1997 dont le fonctionnement est basé sur deux unités qui travaillent en étroite collaboration et dont le flux d'information circule d'une manière fluide et transparente et qui sont le Système d'Information Littoral (SIL) et le Système de Surveillance Littoral (SSL).

En plus, avec la coopération internationale, l'APAL a réalisé:

- ✓ Le projet de mise en place des parcs marins et cotières Cap Negro et Cap Serrat ;
- ✓ Le projet de mise en place d'un parc marin et côtier à l'archipel de Jalta ;
- ✓ Le projet de protection des zones humides et des écosystèmes cotières de la méditerranée ;
- ✓ Le projet de protection des ressources marines et côtières dans le golfe de Gabes ;
- ✓ Le projet d'adaptation du littoral au changement climatique ;
- ✓ Le projet de gestion intégrée du littoral.

En 2005 avec l'aide du PNUE et dans le cadre du projet PAM, un état de la gestion des zones cotières en Tunisie a été élaboré qui d'ailleurs orienter les interventions pour réaliser le pland e gestion des différente zones cotières.

La mise en œuvre du programme développé par la stratégie du littoral au changement climatique a démarré avec la mise en œuvre en cours du premier projet d'adaptation au changement climatique financé par le Fond spécial pour les changements climatiques intitulé « lutte contre la vulnérabilité et les risques liés aux changements climatiques dans les zones cotières vulnérables de la Tunisie ». Ce projet concerne deux zones pilotes Ghar El Meleh et l'ile de Djerba. Le montant du projet est de 5,6 M$ et sa mise en œuvre s'étent sur 5 années (2015-2019). Les princpaux résultats attendus de ce projet sont :

- L'amélioration de la capacité institutionnelle de planification et de réponse à l'accroissement des risques dus au changement climatique dans les zones côtières ;
- L'amélioration de la résilience des zones côtières prioritaires au changement climatique grace à la mise en œuvre et à la diffusion des mesures novatrices de réduction des risques. Les activités programmées concernent 22 km de côtes, 670 hectares de terres humides et impliquent 150.000 habitants (ïle de Djerba, Kalaat El Andalous-Ghar El Meleh et Sidi Ali El Mekki) ;
- La mise en place d'instrucments économiques et financiers novateurs et durables pour accélérer l'adoption des mesures d'daptation côtières.

Depuis un an et demi, l'observatoire dispose d'un système d'information et d'aide à la décision (SIAD) qui est un dispositif d'information dynamique. Le réseau de mesure en mer comporte trois bouées fixes, quatre bouées mobiles et quatre marégraphes. Les données mesurées sont relatives à l'océanographie, mesure en temps réel (à l'aide d'un software via GSM data), de la houle, des marées, de la qualité physicochimiques, etc. Il a été construit grâce au Programme Environnement Energie – PEE financé par l'Union européenne et du projet « soutien des approches globales et intégrées d'adaptation aux changements climatiques en Afrique – cas du littoral Tunisien – AAP financé par la coopération japonaise et géré par le PNUD Tunisie.

5.3. Options d'adaptation technologique pour le Secteur « gestion des zones côtières et maritimes » et leurs Principaux Avantages en matière d'Adaptation

Comme décrit dans le paragraphe précédent, la Tunisie a beaucoup investi dans les technologies de protection du littoral et un plan de gestion a été élaboré. L'intégration de l'adaptation au changement climatique du littoral a démarré cette année pour deux zones pilotes Ghar El Meleh et l'ile de Djerba pour un montant de 5,6 M$ (financement FEM) pour une mise en œuvre sur 5 années (2015-2019). Les technologies sélectionnées viennet renforcer l'effort de l'APAL dans les domaines suivants :

Suveillance du littoral et système d'aide à la décision

L'APAL s'est dotée d'un système d'information et d'aide à la décision (SIAD) qui est un dispositif d'information dynamique chargé de la mesure, la collecte le stockage, de la gestion, du traitement, de l'analyse, de l'interprétation et de la diffusion de l'information météo-océanographique dans une optique de facilitation de la prise de décision en matière de surveillance et de protection du littoral tunisien. Le réseau de mesure actuel nécessite un renforcement afin de couvrir tous les aspects liés à la qualité de l'eau. Aussi, un système d'indicateurs pertinents du littoral devra être développé afin de fournir aux décideurs les indicateurs clés pour la prise de décision.

Système d'alerte précoce

L'APAL est en cours de mise en place d'un système d'alerte précoce pour le littoral. Il s'agit d'une alerte exacte, reçue à temps, accompagnée d'une information correcte sur l'événement et suivie d'une bonne interprétation concernant les inondations, la submersion, l'érosion marine, tsunami, et autres catastrophes naturelles causées par l'effet du Changement Climatique affectent de plus en plus le littoral

Protection du Littoral

En plus de la mise en œuvre des programmes nationaux de protection du littoral, l'APAL a initié des projets pilote de protection au moyen de l'implantation de ganivelles pour la stabilisation des dunes et la contribution au maintien du stock de sable. Cette méthode est une méthode de protection souple et respectueuse de l'environnement a été appliquée à Mahdia, Korba et à Tabarka

Aménagement et réhabilitation des sabkhas littorales

Un plan national d'aménagement et de réhabilitation des sabkhas littorales a concerné 8 sites (Ariana, Soliman, Kélibia, Korba, Ben Ghayadha, Sijoumi, Rades et Moknine) . Pour chacun de ces sites l'APAL a réalisé des études de diagnostic, et élaboration de scénarios d'aménagement et la réalisation du plan de réhabilitation et d'aménagement retenu, A titre d'exemple, pour la sabkha Ghayadha, de grands travaux de nettoyage et de plantations ont été effectués. Ils ont permis d'évacuer vers la décharge la totalité des déchets solides déversés dans la sebkha, et de réaliser avec succès un certain nombre de plantations ornementales. Un talus de protection entoure toute la

dépression afin d'éviter les intrusions dommageables et l'occupation illicite des terrains. L'APAL a également lancé un vaste programme d'assainissement, d'aménagement et de valorisation de cette zone. La première tranche a concerné des travaux de terrassement et d'infrastructure: dragage, remblaiement et protection des berges, construction d'un ouvrage de franchissement, création ou détournement des Voiries et Réseaux Divers (VRD), réalisation de deux stations de pompage. D'autre part une connexion de la sebkha à la mer par l'intermédiaire de deux canaux a été réalisée.

Les initiatives et efforts de l´Etat tels que cités ci-dessus seront renforcés par les technologies proposées ci-dessous dont les fiches technologiques détaillées sont fournies en annexe I.

Il s'agit d'étendre les technologies innovantes sur les deux zones pilotes de Djerba et de Ghar El Meleh vers d'autres zones prioritaires (RafRaf et Sousse), intégrer des technologies innovantes pour la délimitation du littoral, le suivi de l'environnemental marin et la simulation de l'avancée de la mer, le renforcement du système d'information et d'aide a la decision aini le réaménagement et la protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles en attendant l'étude pour une éventuelle délocalisation.

- ✓ Technologie 1 : Système d'indicateurs environnemental du littoral
- ✓ Technologie 2 : Système d'information et d'aide a la decision
- ✓ Technologie 3 : Management du littoral
- ✓ Technologie 4 : Promotion des pratiques agricoles dans la zone littoral
- ✓ Technologie 5 : Protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles

5.4. Critères et processus de priorisation des technologies

Le même processus que celui pour le secteur de l'agriculture a été adopté en utilisant les mêmes critères et pondérations.
En suivant le même processus, la notation des technologies a été la suivante :

Tableau 21. Notation des technologies dans le secteur des zones côtières et marines

Options/Critères	Augmentation de la productivité tout en préservant le capital productif	Lutte contre la pauvreté	Réduction de la vulnérabilité au changement climatique	Le cout de la technologie	Maitrise locale de la technologie et possibilité de réplication	L'acceptabilité sociale	La disponibilité du cadre institutionnel et règlementaire	La cohérence avec la politique et/ou stratégie nationale
Unités	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High
Système d'indicateurs environnemental du littoral	70	60	90	90	90	90	100	100
Système d information et d'aide à la décision	80	70	90	100	90	90	100	100
Management du littoral	90	80	100	80	80	90	100	100
Promotion des pratiques agricoles dans la zone littorale	80	70	90	100	90	90	80	90
Protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles	80	90	80	50	50	50	50	100

5.5. Résultats de la priorisation des technologies

En appliquant l'analyse multicritère comme pour les autres secteurs, la notation pondérée comme dans le tableau 22 ci-dessous, le tableau 23 fournit le clasement des technologies. Il en découle que les deux technologies retenues dans l'ordre de classement sont les suivantes :

Technologie 1 : Protection des Plages contre la Dégradation et la Submersion ;
Technologie 2 : Système d'information et d'aide a la decision ;

Tableau 22. Pondération des notations des technologies dans le secteur des zones côtières et marines

Critère/Options	Economique (Augmentation de la productivité, préservation du capital productif et valorisation des RN)	social (Lutte contre la pauvreté (y compris creation d'emploi et santé))	environnemental (Réduction de la vulnérabilité	cout d'investissement (économique)	Maitrise technique locale (technique	Acceptabilité sociale	cadre institutionnel /reglementaire	Niveau de cohérence avec la stratégie nationale		Poids pondéré
Unité	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Valeur préférée	High	High	High	Low	High	High	High	High		
Poids	**14%**	**11%**	**14%**	**13%**	**13%**	**7%**	**5%**	**23%**		
Système d'indicateurs environnemental du littoral	0,00	0,00	50,00	20,00	100,00	100,00	100,00	100,00		57,60
Système d information et d'aide à la décision	50,00	33,33	50,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00		65,67
Management du littoral (protection des plages contre la dégradation et la submersion)	100,00	66,67	100,00	40,00	75,00	100,00	100,00	100,00		85,28
Promotion des pratiques agricoles dans la zone littorale	50,00	33,33	50,00	0,00	100,00	100,00	60,00	0,00		40,67
Protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles	50,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		54,00

Tableau 23. Priorisation des options technologiques pour le secteur des zones côtières et marines

Rang	Option	Score
1	**Management du littoral**	**85,28**
2	**Système d information et d'aide à la décision**	**65,67**
3	Système d'indicateurs environnemental du littoral	57,6
4	Réaménagement et protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles	54,00
5	Promotion des pratiques agricoles dans la zone littorale	40,67

L'analyse de la sensibilité a été réalisée en adoptant la même démarche que pour les deux autres secteurs. Le classement a été modifié en maintenant le classement des deux premières technologies.

6. Résumé et conclusions

Compte tenu de l'état actuel des secteurs socio-économiques, des ressources naturelles, du littoral et la situation sociale et politique du pays, le plan de développement 2016-2020 qui est en cours de finalisation s'est orienté vers une économie verte pour assurer la durabilité du développement. Dans ce plan, la Tunisie a accordé une importance capitale au secteur de l'agriculture où les pertes en cas de sècheresse pourraient atteindre 22% du PIB agricole, aux ressources en eau qui risquent une réduction de 28% face aux impacts du changement climatique et au littoral qui risque de perdre jusqu'à 116.130 ha à cause de sa vulnérabilité à la submersion. Ces trois secteurs ont été retenus d'ailleurs pour le projet EBT pour le poids qu'ils représentent pour le développement socio-économique et compte tenu de leurs vulnérabilités importantes face au changement climatique. En effet avec l'augmentation de la température de plus de 2°C à l'horizon 2050 et une baisse de la pluviométrie de 10 à 29% ainsi que face à l'élévation accélérée du niveau de la mer évalué à 100 cm à l'horizon 2100, des mesures d'adaptation sont urgentes à mettre en place pour réduire la vulnérabilité des secteurs.

Sur la base des différentes études stratégiques d'adaptation au changement climatique, des orientations stratégiques des différents secteurs, des engagements de la Tunisie pour la réduction des gaz à effet de serre, etc., des technologies ont été identifiées pour les trois secteurs qui ont été priorisés dans le cadre de ce projet EBT.

Pour le secteur de l'agriculture, 7 technologies ont été identifiées à savoir : l'agriculture de conservation, la carte agricole nationale ; un mécanisme de payement des services environnementaux, l'assurance climatique pour l'agriculture, l'équipement des points d'eau d'énergie photovoltaïque, l'agriculture mixte et la valorisation des eaux usées traitées en agriculture. La priorisation en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux technologies qui sont l'agriculture de conservation et le payement des services des écosystèmes au secteur de la forêt.

Pour le secteur des ressources en eau, 7 technologies ont été identifiées à savoir : la collecte des eaux pluviales, la recharge de nappe dans le gouvernorat de Zaghouan, le système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des crues, le réseau d'eau potable intelligent, le dessalement d'eau de mer à Kerkennah, la recharge de nappe de Grombalia et la recharge de nappe de Sisseb. La priorisation en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux technologies qui sont le système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des crues et le réseau d'eau potable intelligent.

Pour le secteur de zones côtières et marines, 5 technologies ont été identifiées à savoir : le management du littoral, le système d'information et d'aide à la décision, le système d'indicateurs environnemental du littoral, le réaménagement et protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles et la promotion des pratiques agricoles dans les zones littorales. La priorisation en appliquant l'analyse multicritère a permis de retenir deux qui sont le management du littoral et le renforcement du système d'information et d'aide à la décision (SIAD).

La prochaine étape consiste à l'identification des barrières auxquelles se heurteraient la diffusion et la mise en œuvre de chaque technologie et qui peuvent d'être d'ordre technique, économique, réglementaire, institutionnel, sociologique, ou autre.

7. Liste des références

1. APAL et PNUD, 2012. Elaboration d'une stratégie de communication de l'agence de protection et d'aménagement du littoral.
2. APAL, 2015. Le littoral Tunisien : Atlas de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer.
3. Banque Mondiale, 2012. Programme de séquestration du carbone à travers la dissémination des pratiques d'agriculture de conservation en Tunisie ». Rapport de mission de faisabilité.
4. ANME, 2011. Etude sur le développement de la maitrise de l'énergie dans le secteur de l'agriculture et de la pêche.
5. Banque Mondiale, 2009. Biodiversity climate change and Adaptation, Nature-Bsed solutions from the World Bank Portfolio.
6. Banque Mondiale, 2009. Convenient solutions to an inconvenient truth: Ecosystem-based approaches to climate changes.
7. Banque Mondiale, 2009. Etude sur la vulnérabilité des villes côtières d'Afrique du Nord au changement climatique et aux désastres naturels, rapport d'établissement. République Arabe d'Egypte, Royaume du Maroc, République Tunisienne.
8. Banque Mondiale, 2010. Etude sur la vulnérabilité des villes côtières d'Afrique du Nord au changement climatique et aux désastres naturels, sommaire du premier séminaire national de restitution. MEDD.
9. Banque Mondiale, 2011. Adaptation au changement climatique et aux désastres naturels des villes côtières d'Afrique du Nord. Phase 1 : Évaluation des risques en situation actuelle et à l'horizon 2030 pour la ville de Tunis.
10. Banque Mondiale, 2011. Middle-East and Northern Africa Water Outlook.
11. Banque Mondiale, 2012. Adaptation to a changing climate in the Arab countries. A Case for Adaptation Governance and Leadership in Building Climate Resilience. Editeur Dorte Verner.
12. Balgis Osman-Elasha, 2010. Climate change adaptation: Options and good practices for the Arab region.
13. Banque Mondiale, 2013. Economics of Climate Change in the Arab World.
14. BanqueMondiale, 2013. Tunisia in a changing climate : assessment and actions for increased resilience and development. Editeur Dorte Verner.
15. Billy Troy, 2013. Assurance et Développement agricole: nouvelles dynamiques en Algérie, au Maoc et en Tunisie. Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde. Document de travail n°5.
16. CartlinE.Werrell and FrancesoFemia, 2013. The Arab Spring and Climate Change.
17. DGRE, 011. Rapport annuel de la recharge des nappes
18. Earthscan, 2010. Climate Change Adaptation and International Development, Edited by Ryo Fujikura and Masato Kawanishi.
19. F E M I S E, 2012. The Economic Costs of Climate Change in MENA countries:A Micro-Spatial Quantitative Assessment and a Survey of Policies.
20. FAO et Ministère de l'agriculture, 2012. Evaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes.
21. IISD, 2003. Vulnerability of North African Countries to Climatic Changes Adaptation and Implementation Strategies for Climate Change.
22. IWMI, 2007. Water for food,Water for life : A comprehensive assessement of water management in agriculture. Rapport de synthèse.
23. GIZ et ME, 2009. changement-climatique-global-regional-tunisie.
24. GIZ et Ministère de l'environnement et du développement durable, 2009. Etude sur un système d'alerte précoce pour la gestion des risques liés aux extrêmes climatiques et à l'évolution du climat en Tunisie ; Rapports phases I, II et III.
25. GIZ et MAE, 2011. Vulnérabilité de l'écosystème alfatier face au changement climatique dans le gouvernorat de Kasserine.

26. GIZ et IRA Medenine, 2011. Note synthétique sur l'approche méthodologique d'analyse de vulnérabilité au changement climatique. Cas illustré du système oléicole dans le gouvernorat de Médenine (Tunisie).
27. GIZ et MAE, 2011. Vulnérabilité de l'écosystème pastoral face au changement climatique dans le Gouvernorat de Médenine.
28. GIZ et MAE, 2011. Etude de la Vulnérabilité de la Subéraie Tunisienne face au changement climatique.
29. GIZ, 2012, GéoCatalogue des métadonnées sur les changements climatiques en Tunisie.
30. Garnaud and Billé, 2010. Adaptation to Climate Change.
31. Lhomme, Mougou et Mansour, 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia.
32. League des Pays Arabes, 2010. Stratégie de la sécurité en eau dans les pays arabes 2010-2030.
33. League des Pays Arabes, 2010. The Arab Strategy for risk reduction.
34. Ministère de l'agriculture et des ressources hydriques, 2005. Changements Climatiques, effets sur l'économie tunisienne et stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles, rapport 1ère étape, Tunis, 266 p.
35. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2006. Seconde Communication Nationale. Sélection et Consolidation des Scénarios Climatiques et de l'Elévation du Niveau de la Mer (2006)- EANM: Vulnérabilité et adaptation.
36. Ministère de l'agriculture et des ressources hydriques et GIZ, 2007. Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques, rapport 2eme phase : Cahiers de 1à 7.
37. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2007. Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux Changements Climatiques et identification d'une stratégie d'adaptation. Rapport phase I, 493 p.
38. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2007. Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux Changements Climatiques et identification d'une stratégie d'adaptation. Rapport phase II, 128 p.
39. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2009. Etude sur l'adaptation du secteur de la santé en Tunisie au changement climatique.
40. Ministère de l'environnement et du développement durable - GIZ et MSP, 2010. Stratégie d'adaptation du secteur de la santé au changement climatique.
41. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2010. Présentation du portefeuille des projets d'adaptation au CC.
42. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2010. Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique du secteur Touristique.
43. Mougou et Al, 2011. Climate change and agricultural vulnerability: a case study of rain-fed wheat in Kairouan, Central Tunisia.
44. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2012. Portefeuille des projets d'adaptation au CC.
45. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2012. Stratégie Nationale sur le Changement Climatique.
46. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2013. Adaptation au changement climatique des ressources en eau dans le gouvernorat de Sidi Bouzid.
47. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2013. Seconde communication nationale sur le CC.
48. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2014. La stratégie nationale de développement durable 2016-2020.

49. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2014. Etablissement d'un diagnostic concerte et bilans actualises des trois barrages de Kairouan dans un contexte de changement climatique. Volet 2 : Analyse et modélisation au niveau des trois bassins.
50. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2014. La stratégie nationale de communication et de sensibilisation a l'utilisation des eut et des boues de STEP et initiation des activités de sensibilisation à l'échelle régionale. Rapport phase 2.
51. Ministère de l'Agriculture, 2014. La stratégie nationale des forêts 2016-2024.
52. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2015. Système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des Risques Liés aux Extrêmes Climatiques en Tunisie – Elaboration d'une Etude de Faisabilité » Rapport de phase 2 « Options stratégiques possibles pour la création d'un SAP ''crues'' tunisien »
53. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2015. Système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des Risques Liés aux Extrêmes Climatiques en Tunisie – Elaboration d'une Etude de Faisabilité »Rapport de phase 1 « Analyse critique de l'existant ».
54. Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, 2015. Rapport national du secteur de l'eau.
55. Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire, 2001. Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.
56. Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire, 2009. Etude de faisabilité de transfert des eaux usées traitées des stations d'épuration du grand Tunis vers les zones de réutilisation. Rapports phase 2 et phase 3.
57. Ministère de l'environnement et du développement durable et Banque Mondiale, 2015. Stratégie de Développement Durable des Oasisen Tunisie
58. Ministère de l'agriculture, 2012. Amélioration de la gouvernance locale de l'eau potable en milieu rural (gouvernorats de Beja, Bizerte, Kasserine et Zaghouan)
59. Ministère de l'agriculture, 2014. Définition et développement de possibles namas dans les secteurs de l'agriculture, forets et changement d'affectation des sols en tunisie ». Phase II : Identification du potentiel technique d'atténuation des émissions. South pole carbon.
60. Ministère de l'agriculture, 2014. Stratégie nationale de développement et de gestion durable des forêts et parcours et plan d'action (2015-2024).
61. Ministère de l'environnement et du développement durable et EU, 2012. Profil Environnemental de la Tunisie. Rapport Final.
62. Ministère de l'environnement et du développement durable et GIZ, 2012. Stratégie Nationale sur le changement climatique de la Tunisie.
63. Ministère de l'agriculture et des ressources hydriques et GIZ, 2007. Stratégie d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes aux changements climatiques (MARHP ET GIZ).
64. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2012. Portefeuille des projets d'adaptation aux changements climatique.
65. Ministère de l'agriculture. Stratégie nationale de développement sylvo-pastorale 2015-2024 (disponible MARHP).
66. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2014. CCNUCC- Premier rapport biennal de la Tunisie.
67. MEDPRO, 2013. Adaptation to climate change-----case study tunisie.
68. Ministère de l'environnement et du développement durable, 2015. La stratégie nationale d'économie verte, phase III.
69. Ministère de l'agriculture, 2015. Stratégie de l'agriculture et de la gestion des ressources naturelles.
70. Nasr and Gafrej, 2010. Drought modelling under climate change in Tunisia.
71. Observatoire du Sahara Septentrional, 2007. Cartographie institutionnelle de l'adaptation en Afrique du Nord.

72. Observatoire du Sahara Septentrional, 2010. CADRE DES PROGRAMMES NORD-AFRICAINS RELATIFS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.
73. OTEDD, 2009. Rapport général pour une gestion durable des ressources en eaux.
74. OTEDD, 2014. Rapport général sur durabilité de l'agriculture en Tunisie.
75. OTEDD, 2014. Observatoire et indicateurs de l'environnement et du développement durable, Tunisie Mission 1 : Analyse du système actuel d'information et de comptabilité environnementale.
76. PNUD et MEDD, 2009. 2eme communication nationale- Vulnérabilité de la Tunisie face aux changements climatiques.
77. PNUE, 2005. Gestions des zones côtières en Tunisie
78. PNUE, 2009. Bilan préliminaire : Organismes et projets d'adaptation aux changements climatiques en Afrique.
79. PNUD-APAL, 2012, Plan de renforcement des capacités et mise en oeuvre d'un programme de formation des parties prenantes dans le domaine de l'adaptation du littoral au changement climatique (ALCOR et IHE).
80. République Tunisienne, 2014. 5ème Rapport national sur la diversité biologique.
81. République Tunisienne, 2015.Contribution prévue déterminée au niveau national (INDC). Convention cadre des nations unies sur les changements climatiques.
82. République Tunisienne, 2015. Note d'orientation du plan de développement 2016-2020.
83. UNDP, 2010. Mapping climate change threats and human development impacts in Arab region.
84. UNDP-APAL, 2012. Elaboration de la stratégie nationale d'adaptation du littoral tunisien aux effets des changements climatiques.
85. UNEP, 2012. GEO5 - Environment for the future we want, Chapter 4- Water.

8. Annexe I: Fiches Technologiques pour les technologies sélectionnées

LES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE

Technologie 1 : l'agriculture de conservation

A.1 Introduction

L'agriculture conventionnelle et les systèmes d'exploitation actuels ont montrés leurs limites dans les pays du Maghreb. Elles sont mises en cause dans les phénomènes d'érosions hydrique et éolienne, la destruction de la matière organique et de la structure de sols (Zaghouane et al., 2006)[18]. Les problèmes de l'activité ne cessent s'accumuler : Dégradation des sols faible productivité des sols, baisse de rendements, dégradation des ressources naturelles, diminution du taux de couverture des besoins par la production locale. Afin de surmonter cette décadence continuelle de l'amélioration et du maintien de la productivité, dans chacun des pays du Maghreb, la problématique du le développement agricole durable doit constituer une priorité visant à la fois le développement économique, la durabilité globale du développement, le progrès social, la lutte contre la pauvreté, et le développement des structures économiques nationales et des productives (Mrabet, 2001)[19]. La restauration de la qualité des sols et la gestion durable des terres, qui doivent se réaliser parallèlement, ne peuvent être résolues par une modification technique mais plutôt à travers l'adoption d'une stratégie entièrement nouvelle qui embrasse tous les aspects du problème des contraintes et considère tous les constituants d'un développement agricole durable. Il est recommandé que la stratégie envisagée prenne en compte des solutions écologiques, alimentaires, économiques et sociales. L'adoption de l'agriculture de conservation (AC) dans ce contexte est perçue comme une alternative viable et pourrait constituer une réponse aux défis de la rareté et des dégradations des ressources naturelles de base et à l'instabilité des productions agricoles (Lahmar, 2006)[20]. D'après la FAO, l'agriculture de conservation vise des systèmes agricoles durables et rentables pour améliorer les conditions de vie des exploitants au travers de la mise en œuvre simultanée de trois principes à l'échelle des exploitations : le travail minimal du sol, les associations et les rotations culturales et la couverture permanente du sol. Elle est d'un grand intérêt pour les petites exploitations; celles dont les moyens de production limités ne permettent pas de lever la forte contrainte de temps et de main d'œuvre constituent une cible prioritaire. C'est un moyen de concilier production agricole, l'amélioration des conditions de vie et la protection de l'environnement. Elle est perçue par les utilisateurs comme un outil valable pour la gestion pérenne du terroir.

Les techniques de labour de conservation comprennent un gradient continu allant de la réduction du nombre d'outils aratoires jusqu'à l'élimination complète de toute action mécanique sur le sol (Chevrier et Barbier, 2002)[21].

L'agriculture de conservation est une forme d'atténuation des GES puisque l'activité agricole est une des activités qui entraînent le réchauffement climatique à travers l'émission des gaz à effet de serre. En effet la consommation de carburant, la minéralisation de la matière organique entraînent sont l'origine de l'émission

[18] Zaghouane O., Abdellaoui Z. et Houassine D., 2006. Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ? Dans : Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza (Espagne), p. 183-187.

[19] Mrabet R., 2001. Le semis direct : potentiel pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR). Dans : Commission économique pour l'Afrique. Tanger (Maroc).

[20] Lahmar R., 2006. Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA. Dans : Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, CIHEAMIAMZ, Zaragoza (Espagne), p. 11-18.

[21] Chevrier A. et Barbier S., 2002. Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols. Création d'un référentiel et premiers résultats. Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles-Grignon.

du CO2. De plus En outre, les grandes cultures sont les premiers consommateurs d'engrais azotés dont une part est perdue sous forme de N_2O responsable du réchauffement climatique et d'autre part les nitrates (NO_3) responsable de la pollution des ressources hydriques de surface et des nappes phréatiques.

Cette technique est proposée pour les zones situées dans le Nord et le Centre du pays comme proposé par l'étude « Définition et développement de possibles namas dans les secteurs de l'agriculture, forets et changement d'affectation des sols en tunisie » réalisée par le Ministère de l'agriculture en 2014.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Le semi direct est une technologie de conservation de l'eau et du sol. Il désigne une technologie culturale simplifiée, basée sur l'introduction directe des graines dans le sol, sans passer par le travail du sol (zéro labour). L'agriculture de conservation est définie par la FAO comme une agriculture reposant sur une forte réduction, voire une suppression du travail du sol, sa couverture permanente et des successions culturales diversifiées.

L'option envisagée, de long terme (30 ans), consiste en diverses activités connexes visant l'extension de l'agriculture de conservation sur les terres de pentes et sur des petites comme de moyennes et grandes exploitations du Nord et Centre du pays.

Quatre sous-actions sont envisagées :

- Appui financier aux agriculteurs par l'octroi de subventions pour l'acquisition de matériel (semoirs et tracteurs).
- L'instauration d'un vaste programme de vulgarisation auprès des agriculteurs.
- L'instauration d'un programme de développement des compétences dans le domaine de l'AC; cette technique reste peu connue par les techniciens et opérateurs du Ministère de l'Agriculture.
- La promotion du semoir développé à l'échelle nationale,
- La création de groupements d'agriculteurs de conservation.
- La création d'un centre technique sur l'agriculture de conservation ayant pour mission:
    - d'assurer l'adaptation des résultats de la recherche avec les conditions réelles des exploitations agricoles ;
    - d'assurer les actions de vulgarisation ;
    - d'organiser la diffusion des techniques de production les plus efficaces en collaboration avec les différents organismes exerçant dans le domaine ;
    - d'assurer l'encadrement technique et économique des producteurs.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

En 2010, la FAO estimait que plus de 100 millions d'hectares étaient cultivés en agriculture de conservation dans le monde, pour seulement 45 au début des années 2000. Le développement de ces pratiques est très marqué sur le continent américain, avec plus de 25 millions d'hectares aux Etats-Unis, au Brésil et en Argentine.

Pour la Tunisie, ces pratiques concernent principalement les terres de grandes cultures, qui seront les seules envisagées ici. Ces pratiques seraient d'un grand intérêt pour les petites exploitations; celles dont les moyens de production limités ne permettent pas de lever la forte contrainte d'intrants et de main d'œuvre. Ces exploitations constituent une cible prioritaire de cette option. La superficie envisagée[22] progresserait de 12 000 ha en 2015 pour atteindre 33 980 ha en 2020 ; 196 872 ha en 2030 et 350 000 ha aux horizons 2050[23].

A.4 Statut de la technologie dans le pays

L'introduction du semis direct a débuté en 1999 en Tunisie. Ses objectifs étaient alors de démontrer qu'une agriculture pluviale à base de céréales (blé dur, orge, avoine) pouvait être durable, productive, tout en intégrant l'élevage dans les conditions semi-arides méditerranéennes.

[22] Superficies estimées sur la base du rapport Banque Mondiale avril 2012. Intitulé : Programme de séquestration de carbone à travers la dissémination des pratiques de l'agriculture de conservation en Tunisie". Rapport de mission de faisabilité.

[23] South pole carbon, MARH, 2014. « Définition et développement de possibles namas dans les secteurs de l'agriculture, forets et changement d'affectation des sols en tunisie » phase 2

La première introduction du concept de semis direct s'est faite à l'initiative de l'AFD et du CIRAD. Trois phases successives ont eu lieu:

- l'initiation durant la campagne 1999-2000 (Siliana et du Kef) suite à la sensibilisation par l'AFD ;
- l'implantation d'un programme d'expérimentation sur quatre campagnes (2000-2004), dans le cadre de deux projets tunisiens de développement rural intégré (projets PDRI de Siliana et du Kef, co-financement AFD). Dès 2002, le projet s'est étendu aux Gouvernorats de Bizerte, Béja et Jendouba.
- Un projet spécifique complémentaire (2002-2006, financement FEM) ayant son champs d'intervention au nord de la Tunisie, là où les sols sont de bonne qualité et où se situe une école d'agriculture (ESAK) susceptible d'apporter un appui efficace à la diffusion (ajustement des techniques de semis direct, formation). Le CIRAD assure l'appui technique et scientifique. Le secteur privé est également fortement impliqué dans l'importation de semoirs spécialisés (principalement du Brésil), permettant aux agriculteurs de s'équiper pour le semis direct.

Ainsi au début 2008, au cours de la 9ième campagne de semis sans labour, plus de 70 semoirs spécialisés (dont les quatre cinquième sont privés) ont permis de semer près de 10 000 ha chez des agriculteurs de Bizerte, Béja, Jendouba, Siliana, Kef et de Zaghouan.

Du fait des succès croissants de ces techniques, une association de semis direct s'est progressivement constituée avec les premiers paysans expérimentateurs qui se sont équipés en semoirs.

Des projets de recherche-développement concernant le semis direct et l'agriculture de conservation sont coordonnés par le Centre Technique des Céréales (CTC) (récemment appelé Institut National des Grandes Cultures, INGC), des parcelles de démonstration conduites en semis direct ont été installées au niveau des zones bioclimatiques relativement favorables à la production des céréales (subhumide, semi-aride supérieur et semi-aride inférieur), chez des agriculteurs leaders et censés amorcer la réussite de la diffusion de la technique du semis direct. Les résultats agronomiques de dix ans d'expérimentation, échelle exploitation, par zone bioclimatique ont montré qu'au niveau du subhumide, le rendement de blé dur conduit en semis direct est en moyenne supérieur de 8 q/ha par rapport au semis conventionnel. Alors qu'au niveau de la zone semi-aride inférieure cette différence est de 3,5 q/ha, elle atteint 7 q/ha au niveau du semi-aride supérieur. Dans le subhumide le taux d'infiltration dans les sols de certaines parcelles conduites en semis direct est passé de 41 à 73 l/h, de même pour le semi-aride inférieur et le semi-aride supérieur, le taux d'infiltration est passé respectivement de 32 à 40 l/h et de 19 à 43 l/h. Le taux de matière organique aussi a connu une nette amélioration dans les parcelles de semis direct. A côté de ces résultats en faveur de cette technique, qui a des potentialités en Tunisie, quelques difficultés liées au compactage du sol ont été rencontrées essentiellement au niveau des 5 premiers centimètres. La forte pression exercée par le cheptel ovin sur les résidus des cultures reste l'obstacle majeur du semis-direct en Tunisie.

En agriculture de conservation mécanisée, l'achat d'un semoir spécialisé pour le semis direct est un élément incontournable de la mise en œuvre de cette technique. C'est un semoir brésilien (SEMEATO) qui a été choisi pour ses caractéristiques techniques. En effet, le semoir doit pénétrer dans un sol compact (car le sol n'est pas travaillé) : il est lourd (son poids est trois fois plus élevé que celui d'un semoir conventionnel) et il est à disques afin de pénétrer sans bourrage dans ce sol compact. Il a également besoin d'un tracteur plus puissant (au moins 90 cv) que la majorité de ceux existants en Tunisie. Il est également trois fois plus cher que les semoirs conventionnels.

Les caractéristiques de ce semoir spécialisé et son coût constituent les raisons pour lesquelles seuls les gros agriculteurs tunisiens ont pu, jusqu'à présent, prendre le risque d'investir dans l'équipement nécessaire au semis direct.

Le développement actuel d'un semoir national pour un cout moyen de 15000 DT constitue un atout pour le développement de cette technologie.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La culture des céréales et légumineuse repose sur les semis directs (sans labour) et présente des avantages agronomique (amélioration de la fertilité du sol), économique (réduction de 15 à 20% des coûts de production), limite l'érosion éolienne et surtout des sols en pentes et contribue à la préservation de l'environnement. La Tunisie a développé, depuis 1999, une expertise en la matière dans le cadre du Projet d'appui au développement de l'agriculture de conservation (Padac) auquel ont participé plusieurs intervenants: le Centre

technique des céréales (Ctc) actuellement l'institut des grandes culture (INGC), l'École supérieure agricole du Kef (Esak) et l'Association pour l'agriculture durable (Apad).

La technique de l'agriculture de conservation (AC) contribue à l'amélioration de la fertilité du sol, réduit les coûts de production et préserve l'environnement. Elle est en train de gagner du terrain en Tunisie, où les superficies cultivées selon cette technique ont évolué de 200 ha en 1999 à 12 000 ha adoptée par 78 agriculteurs actuellement.

Cette technologie permettra:

- ✓ de réduire l'investissement agricole dès le début de la campagne par la réduction du nombre de passages, la réduction des doses de semis, des besoins en main d'œuvre agricole (qui devient de moins en moins disponible);
- ✓ le non retournement des sols, qui réduit l'évaporation des eaux reçues de la pluviométrie et par conséquent augmente la probabilité de meilleures productions agricoles (grains et matières sèches d'affouragement) ;
- ✓ une meilleure utilisation de l'eau et donc d'où une meilleure valorisation de cette ressource de plus en lus rare;
- ✓ de contrôler limiter l'érosion des sols et par conséquent la protection des infrastructures (routes, assainissement, barrage, etc.) situés plus en aval.

Les bénéfices de l'agriculture de conservation selon la bibliographie consacrée à ce sujet (Chabane, 2011)[24], sont d'ordre agronomique, socio-économiques et environnementaux. L'AC est un moyen de concilier production agricole, l'amélioration des conditions de vie et protection de l'environnement. Au niveau environnemental, ce système contribue à une protection des sols et régénération de leur fertilité par la prévention de l'érosion, une réduction de la consommation d'eau pour la production agricole, une réduction des doses de l'utilisation des intrants (engrais et de pesticides), diminuant leur impact sur la pollution des nappes phréatiques. Au niveau agronomique, l'accumulation des matières organiques en surface engendre une concentration dans l'horizon de surface des éléments fertilisants, et de l'activité biologique des microorganismes du sol. Cela conduit à produire une importante biomasse grâce aux plantes utilisées munies d'un système racinaire puissant performant, permet la création d'un environnement favorable au développement d'une activité biologique intense dans le sol. Au niveau économique, la diminution du temps passé au niveau de l'ensemble des interventions des machines est importante. Il y a donc un allégement des du temps des travaux, une demande en main d'œuvre réduite, la réduction des coûts et dépenses en carburants (grandes exploitations), et de l'acquisition, utilisation et entretien des équipements (tracteurs par exemple), des niveaux de production comparables, voire supérieurs, à ceux de l'agriculture intensive moderne pour des coûts et dépenses minimisés et une baisse d'utilisation des intrants (engrais, pesticides). L'AC permet également l'amélioration de la productivité du sol en produisant l'augmentation du taux de matière organique dans le sol, la fourniture des éléments nutritifs nécessaires aux plantes cultivées et le recyclage de ceux lessivés rendus alors accessibles aux cultures, la conservation de l'eau du sol grâce à une meilleure infiltration, une évaporation réduite du fait de la protection du sol contre les fortes températures, une meilleure capacité de rétention en eau et l'utilisation de l'eau profonde du sol. Même si cette "nouvelle" pratique de l'agriculture n'est pas répondue dans les pays du Maghreb, néanmoins, l'évolution des superficies dédiées à ce système de production dans le monde confirment l'importance de ce type d'agriculture.

Sur le plan économique, la technique de travail du sol ainsi que les couts de main d'œuvre et d'équipements, l'utilisation des fertilisants sont réduits pour les agriculteurs les plus vulnérables.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

La fertilité des sols est dépendante de leurs richesses en matières organiques qui représentent l'un des principaux indicateurs de la productivité. Le stockage du carbone organique est considéré comme une alternative afin de diminuer les émissions de CO2 dans l'atmosphère, dans un contexte global de changement climatique. L'effet de l'agriculture de conservation (AC) adoptant la technique du semis direct (SD) sur le bilan

[24] Chabane M., 2011. L'agriculture de conservation : voie de sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb ? in Bouzerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.). 4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96 2011 pages 189-208

organique du sol dans différentes régions du subhumide a été étudié chez des agriculteurs ayant des itinéraires techniques différents (date de conversion en non labour, rotation, programme de fertilisation site en conditions contrôlées ; résidus de culture…)[25].

Sur le plan agro-environnemental, ils stoppent atténue l'érosion des sols qui provoque l'ennoyage et la destruction des cultures et des infrastructures en aval (ouvrages hydro-agricoles très coûteux, routes et fossés). En restaurant le couvert végétal, ils contrôlent le ruissellement, relancent l'activité biologique des sols, limitent les besoins en eau et séquestrent du carbone dans les sols et contribuant ainsi à la lutte contre l'impact du le changement climatique.

Cette technique, qui vise l'élimination du travail du sol dans les productions végétales joue un rôle important dans la lutte contre l'érosion notamment dans les régions céréalières du Nord Tunisien, très exposées aux précipitations torrentielles automnales (voire hivernales). Elle présente également l'avantage de réduire l'impact des périodes de sécheresse sur les cultures, d'améliorer la fertilité des terres au travers de l'augmentation du taux de matière organique et de faire d'importantes économies de temps de travail et d'énergie. Enfin, l'absence de travail du sol ralentit la décomposition des résidus de récolte, tant à la surface du sol que dans la partie concernée par les racines, ce qui a pour effet de ralentir la libération du carbone dans l'atmosphère.

Ainsi, tout le travail mécanique du sol est remplacé progressivement par le travail biologique des plantes et des micro-organismes. Le sol n'est plus nu, exposé au soleil et aux pluies. Il est protégé par la partie aérienne des résidus de récoltes ou de plantes de couverture semées spécialement avant ou après la culture principale, tandis que les racines « en cousant » le sol, l'empêchent de se prendre en masse et permettent à l'eau et à l'air de circuler. Plus le couvert végétal est performant et diversifié, plus le sol est protégé et l'eau dans le sol préservée. Ce faisant l'agriculture de conservation, basée sur le semis direct, a pour objectif de concilier la réussite économique et la performance environnementale.

De plus, l'agriculture de conservation présente également un potentiel important d'atténuation des GES. Les données disponibles proviennent surtout de comparaisons entre semis direct et labour réalisées en Amérique du Nord. Le stockage additionnel de C a ainsi pu être estimé par des mesures limitées aux horizons supérieurs du sol. Le semis direct permet un stockage additionnel de C par rapport au labour continu estimé à 1,4 tC/ha/an[26] (estimation de Corsi et al. 2012).

7 Exigences et coûts Financiers

Le cout du projet serait de 6 à 10 MDT avec un cout de maintenance et d'opérationnalisation de 0,5 MDT/an.

Plusieurs partenaires doivent accompagner ce projet : les structures de la recherche agricole (IRESA, INRAT), les structures de développement (DGPA, INGC) en plus des structures professionnelles (Groupements et associations d'agriculteurs et des ONG). La responsabilité de mise en œuvre serait assurée en premier lieu par les institutions du Ministère de l'Agriculture en collaboration conjointe conjointement entre l'INRAT, l'INGC, la DGPA, l'AVFA, l'UTAP ainsi que les partenaires de développement agricole et le MA en premier lieu. Les indicateurs de suivi : Evolution des superficies cultivées par les systèmes innovants ; Nombre de bénéficiaires en formation, stabilité de la production des céréales et des légumineuses alimentaires.

[25] South pole carbon, MARH, 2014. « Définition et développement de possibles namas dans les secteurs de l'agriculture, forets et changement d'affectation des sols en tunisie » phase 2

[26] En fait, différentes estimations sont fournies dans la littérature allant de 1,1 à 1,8 tE-CO2/ha. L'étude de Corsi et al. (2012), initiée par la FAO, est la plus argumentée et est donc adoptée dans la présenté étude

Technologie 2 : Système d'ajustement de la carte agricole

A.1 Introduction

Achevé en 2004 pour l'ensemble des gouvernorats du pays, le projet cartes agricoles a permis de mettre en place un système d'information géographique (SIG) au niveau de chaque Commissariat Régional au développement agricole (CRDA). Toutefois l'actualisation et la mise à jour de la carte agricole à l'échelle nationale n'est pas assurée dans toutes les régions, ce qui a rendu son utilisation difficile, notamment face aux mutations accélérées du contexte national et international. En plus les impacts du changement climatique observés et ceux projetés nécessitent l'actualisation de la carte agricole et son application effective. Ainsi, la nouvelle technologie devrait permettre la mise en place d'un système de mise à jour continue des données incluses dans la carte agricole afin de préserver sa crédibilité. Cela devrait permettre l'adaptation de la carte agricole, en intégrant les paramètres inhérents aux projections climatiques aux horizons 2020 et 2050.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La technologie repose sur la mise en place d'un outil SIG performant et un système d'information convivial et d'une base de données pour le suivi et l'actualisation continue des informations agricoles et socio-économiques ainsi que pour la mise à jour régulière de la base de données. Ce système sera basé sur les différentes informations pouvant être recueillies auprès du Centre Nationale de la cartographie et de télédétection (CNCT), google map et toute autre information pertinente. Il s'agit de fournir une carte agrégée sur toute la Tunisie.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

La redynamisation de la carte agricole et son actualisation en fonction de l'évolution de chaque activité agricole en intégrant les impacts du changement climatique nécessite la mise en place d'un programme complémentaire de formation des responsables du système de cette carte. L'élaboration d'un guide agricole et la mise de la carte à la disposition des structures de recherche et d'enseignement supérieur agricole ainsi que des investisseurs agricoles est aussi de grand intérêt. L'orientation des activités agricoles et l'exploitation des ressources disponibles naturelles de manière à faire de cette carte, un mécanisme facilitant le suivi des principales évolutions caractérisant le secteur.

Le système de la carte agricole nationale tenant compte des spécificités régionales devrait offrir un potentiel de données, d'informations, de renseignements géographiques et de cartes numériques sur le secteur agricole dans tous les gouvernorats à même d'être exploités dans la détermination des choix et des orientations régionales et d'investissement dans le secteur agricole. Il s'agit là d'un mécanisme moderne aidant l'agriculteur ou le promoteur à faire ses choix d'investissement résilients au changement climatique.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

Depuis 2004, une carte agricole a été réalisée et utilisée par la majorité des planificateurs mais comme cette carte n'a jamais été actualisée depuis, chaque utilisateur est amenée à chaque fois à l'actualiser avec des informations de différents types. De ce fait, la carte est devenue obsolète et son application de plus en plus difficile. La révision de la carte agricole devient imminente afin de mieux orienter les investissements. L'intégration des résultats des différentes études de vulnérabilités devra

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La révision de la carte agricole à l'échelle nationale permet une meilleure prise en compte des enjeux de développement à l'échelle nationale et une meilleure valorisation des potentialités naturelles, sociales et environnementales des différents gouvernorats. Cela permet une réaffectation des activités tenant compte des différentes vulnérabilités. Ce qui permettra de mieux suivre et évaluer les résultats des investissements mis en place.

L'intégration des impacts du changement climatique face aux mutations accélérées du contexte national et international réduira tous les couts des impacts.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Les changements climatiques remettent en cause les résultats de la carte avec des changements dans l'aire de répartition des cultures et dans les possibilités de mise en place de cultures pluviales et surtout irriguées. Son

actualisation devrait permettre la révision des potentialités agricoles en tenant compte de l'élévation de la température et de la réduction des précipitations en vue d'une meilleure adaptation et l'élévation accélérée du niveau de la mer, les sècheresses et les zones inondables et constituer un outil d'aide à la décision pour le développement résilient au changement climatique.

Le système de mise à jour de la carte agricole aura de nombreux avantages en terme d'adaptation au changement climatiques par la révision en continue des activités agricoles sur la base des résultats de la stratégie d'adaptation du secteur agricole et des écosystèmes au changement climatique et celle relative à l'adaptation du littoral au changement climatique ainsi que des orientations stratégiques définies par le plan de développement 2016-2020. La révision des potentialités agricoles en tenant compte de l'élévation de la température et de la réduction de la pluviométrie permettra de réduire les risques liés au climat et aux évènements extrêmes en terme de perte de production et de réduction des revenus agricoles. Elle permet aussi un meilleur usage des sols en respect avec les potentialités écologiques.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le coût de mise en œuvre de cette technologie est estimé à 10 MDT sur une durée de trois années. Le cout d'exploitation est relatif à la mise à jour par l'acquisition des différents types de données et à la formation continue des différents utilisateurs potentiels. Ce coût est estimé à 200.000 DT/an.

Les partenaires de mise en œuvre sont : le Ministère de l'agriculture, le Ministère de la défense à travers le CNCT, le Ministère de l'environnement, le Ministère de développement régional et de la coopération internationale et du Ministère de l'intérieur.

Technologie 3 : Système de paiement de services environnementaux de l'agriculture

A.1 Introduction

L'activité agricole produit des externalités négatives et d'autres positives qui sont rarement prises en compte dans les coûts de production ni dans la valeur de la production agricole. Afin d'encourager les pratiques conservatrices et assurer aux agriculteurs des revenus qui tiennent compte des externalités positives, il serait opportun d'étudier la possibilité de mettre en place un mécanisme de paiement des services environnementaux que l'agriculture est susceptible de produire. Le secteur forestier ayant été étudié a permis de constater que l'évaluation des biens et services des écosystèmes forestiers et de la biodiversité ainsi que l'intégration de leur valeur dans les choix politiques figurent parmi les principales recommandations destinées aux décideurs. Dans ce cadre, l'évaluation approfondie des services environnementaux sont nécessaires à la mise en place d'un mécanisme de payements des services environnementaux que la forêt fournie à l'économie nationale.

La politique agricole actuelle encourage certaines pratiques de lutte contre la dégradation des ressources naturelles (CES, Economie d'eau, agriculture biologiques, etc.), mais pas encore les pratiques qui ont un effet d'adaptation et d'atténuation au CC. Pourtant certaines d'entre elles peuvent avoir des externalités positives pour l'environnement et pas d'impact sur le revenu de l'agriculture, afin d'encourager ces pratiques leur paiement permet de les en amplifier.

Le paiement pour les services environnementaux est un des instruments économiques visant la gestion durable des écosystèmes naturels et doit être différencié du principe de partage de bénéfices. Par définition, le paiement pour services environnementaux (PSE) est un mécanisme relativement nouveau (année 90) qui vise à favoriser des externalités environnementales positives grâce au transfert de ressources financières entre les bénéficiaires de certains services écologiques et les fournisseurs des services ou les gestionnaires des ressources environnementales. Plus largement, le PSE est perçu comme un instrument innovant vis-à-vis de la régulation qui fonctionne sur un mode incitatif, volontaire (contre les méthodes coercitives).

A.2 Caractéristiques de la technologie

L'objectif de cette technologie est de fournir un mécanisme « système » de paiement des services environnementaux qui l'agriculture pourra produire en mettant en avant un argumentaire afin d'en faciliter l'adoption par les pouvoirs publics. Cet argumentaire doit être basé sur les avantages en terme de bonnes pratiques environnementales que le paiement pourrait induire chez les agriculteurs et l'impact de ces pratiques en terme d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques.

Les principales caractéristiques de la technologie sont :

- ✓ Une phase étude qui a pour objectif l'identification sur des bases scientifiques des services en question, et parallèlement des externalités négatives générées par l'activité agroforesterie. Cette phase devrait comprendre un benchmarking à travers l'analyse des politiques de paiement des services environnementaux dans les pays de la région méditerranéenne voire en dehors de celle-ci.
- ✓ Une phase pilote devrait concerner des zones forestières avec la mise en place d'expérience de paiement des services environnementaux. : identifier un référentiel de service, cout ou subvention prix du service …choix du mécanisme de payement et sa mise en œuvre (base de données : situation de référence, suivi et évaluation et suivi des impacts), création de GDA, publics/privés, textes règlementaires.

Parmi les différentes sous-catégories de PSE[27] suivantes, on choisira le modèle adapté au contexte des forêts Tunisiennes :

- ✓ les PSE volontaires et bilatéraux (l'archétype) ;

[27] LAURANS Y., LEMÉNAGER T. et AOUBID S., 2011. Les paiements pour services environnementaux. De la théorie à la mise en œuvre, quelles perspectives dans les pays en développement ?. Document de l'AFD.

- ✓ les PSE volontaires et collectifs (issus de dons) ;
- ✓ les PSE obligatoires et bilatéraux (issus de droits payants ou de taxes affectées) ;
- ✓ les PSE obligatoires et collectifs (issus des budgets généraux de l'État).

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Différentes initiatives de par le monde existe et commence même à ce se développer dans les pays en développement[10]. En Australie, par exemple, le ministère des Ressources naturelles et de l'Environnement de l'État de Victoria a élaboré « BushTender », un programme pilote afin de préserver la flore indigène présente sur les propriétés privées. En échange de paiements monétaires provenant de l'État, les propriétaires s'engagent à clôturer et à gérer la végétation indigène pour une période de trois ans. Le premier contrat de ce programme a été signé en 2002 dans le nord-est de l'État. Ce programme s'est inspiré du Conservation Reserve Program mis en place aux États-Unis. L'aspect novateur est qu'il s'appuie sur une méthodologie d'évaluation robuste et un mécanisme d'enchères inversées pour fixer le montant des paiements.

Un autre exemple, en Guinée et à travers son projet "Restauration et Paiement des Services Environnementaux dans le bassin de Tinkisso" (REPASE), mise en œuvre de 2009 à 2013 dans le cadre de l'Initiative pour la réduction de la pauvreté et la gestion de l'environnement- PREMI, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN-PACO) a mené une expérimentation d'une nouvelle approche dans la gestion du sous-bassin de Tinkisso afin de contribuer aux efforts de conservation de la biodiversité et de la gestion durable des ressources naturelles. Le projet visait à promouvoir la gestion intégrée dudit bassin versant à travers l'approche écosystème pour réduire les effets du changement climatique et accroître ainsi les bénéfices des communautés vivant en aval et en amont du barrage. Il a préconisé l'application d'approche et d'outils économique dans la gestion intégrée des écosystèmes en général et des zones humides en particulier.

En Chine, le dispositif Grain for Green a été lancé en 1999 par le gouvernement, en réponse aux inondations catastrophiques de 1998 et 1999. Il a pour objectif de lutter contre l'érosion et les inondations en augmentant la couverture forestière des terres agricoles en pentes des bassins supérieurs du Yang Tsé et du fleuve Jaune, d'ici 2010. Dans le secteur, près de 4,3 millions d'hectares de terres cultivées le sont sur des pentes raides (>25°).

Le programme finance la conversion en forêt ou en pâturage de l'agriculture en terrasse. Le gouvernement espérait convertir 15 millions d'hectares de terres arables, et modifier les usages agricoles de plus de 50 millions de ménages. Deux objectifs secondaires se sont greffés au dispositif. Il s'agit, en plus des buts environnementaux, de (i) réduire la pauvreté et de (ii) promouvoir le développement économique local. Le programme a lancé une étude pilote dans trois provinces (le Sichuan, le Shanxi et le Gansu) en 1999. Il a été étendu à 17 provinces en 2000, puis à 25 provinces en 2002, pour un total de 15 millions d'agriculteurs bénéficiaires. Fin 2006, environ 9 millions d'hectares de terres cultivées avaient été convertis.

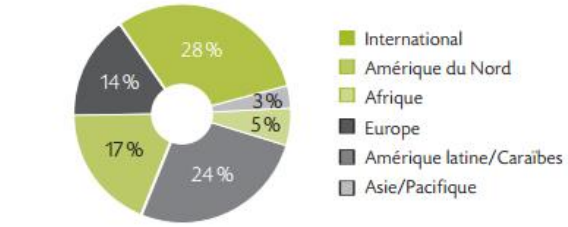
Au Mexique, l'ONG Profauna intervient pour la préservation du bassin versant de Saltillo, dans le nord du Mexique, et en particulier pour la préservation de la forêt de Zapalinamé, qui favorise l'alimentation d'une partie des sources d'eau du bassin. Elle rémunère pour cela des communautés (ejidos) de propriétaires forestiers volontaires, afin qu'ils mettent en œuvre des pratiques favorisant la restauration ou/et le maintien d'une couverture forestière. Celle-ci est censée garantir le fonctionnement hydrologique du bassin versant et la préservation de la biodiversité locale. Des contrats dits de « PSE » sont ainsi établis pour des durées allant de 1 à 15 ans.

Le nombre des PSE utilisés pour la biodiversité ou l'eau est déjà relativement important : on compterait aujourd'hui plus de 300 cas de PSE (OCDE, 2010)[28].

Au niveau des forêts, le graphique suivant donne la répartition géographique des cas de PSE dans le monde[10].

[28] OCDE (2010), "Payer pour la biodiversité : améliorer le rapport coût-efficacité des paiements pour les services écosystémiques », Paris

Répartition géographique des cas de PSE forestiers (sur un total de 287 en 2002)



A.4 Statut de la technologie dans le pays

Il n'existe pas en Tunisie de mécanisme de paiement des services environnementaux en tant que tel, mais quelques initiatives existent où des agriculteurs sont rémunérés pour la protection ou la sauvegarde des systèmes de production d'eau ou d'activité agricole. Par contre, les études d'évaluation de la valeur économique totale des services et bien environnementaux de certains écosystèmes ont été réalisées. Tel est le cas pour les forêts Tunisiennes et l'écosystème alfatier.

La stratégie des forêts 2016-2024 a d'ailleurs intégré la mise en place d'un mécanisme de paiement des services environnementaux des forêts comme axe majeur de la stratégie. En effet, les études élaborées sur la vulnérabilité des écosystèmes au changement climatique ont montré l'importance des écosystèmes qui prennent de la valeur sous conditions de changement climatique. L'évaluation de la valeur économique totale des forêts a été initiée par la DGF et des besoins de mise en place de service de payement des écosystèmes ont été proposés. Cet outil économique permettra de protéger et de sauvegarder les services environnementaux fournis par les écosystèmes et tout particulièrement les forêts aux différents secteurs socio-économiques. En effet à l'échelle nationale, les forêts et les parcours sont d'une importance capitale dans l'économie Tunisienne. En effet, avec une participation au PIB national de 0,4 à 1,25%, elles permettent de couvrir 80% des besoins de l'industrie de panneaux, représentent 14% au bilan énergétique national, plus de 7 Millions de journées de travail annuellement, 17% des besoins du cheptel national produits par les parcours forestiers. En plus, les forêts fournissent des services environnementaux dont l'évaluation économique totale relativement complexe mérite d'être améliorée. A titre d'exemple, la valeur économique totale de la forêt de chêne liège est répartie entre la protection de la sédimentation des barrages (12%), la séquestration du carbone (14%) et la fourniture d'autres services marchands comme le bois de feu, le liège, le fourrage (37%) et les autres PFLN qui comptent pour 8% de la valeur économique totale de la forêt. Une première tentative a permis d'évaluer la valeur économique totale des forets à 163,4 DTN/ha en moyenne[29].

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La mise en place de ce mécanisme permettra une valorisation des ressources forestières, une meilleure implication de la population locale et les privés dans la gestion optimale des forêts. Ce mécanisme permet également de créer de nouveaux revenus aux populations pour leurs efforts dans la préservation des forêts et permet de lutter contre la pauvreté. La réalisation de ce mécanisme pourra ensuite être développée pour d'autres écosystèmes vulnérables comme l'écosystème alfatier et à long terme à tous les services environnementaux à l'échelle nationale.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

La mise en place d'un mécanisme de PSE permet de réduire :

- ✓ la pression humaine sur le domaine forestier
- ✓ la réduction de l'érosion et donc des pertes des terres agricoles
- ✓ l'envasement des retenues d'eau

[29] DGF, 2012. Evaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes. Note de synthèse

Il constitue également une mesure d'adaptation au changement climatique puisqu'il permet de réduire la pauvreté par la création de nouvelles sources de revenus de la population la plus vulnérable.

A.7 Exigences et coûts Financiers

La mise en œuvre de cette technologie sera effectué sur une durée de 4 années pour un cout de 5 MDT pour la phase pilote. Les institutions impliqués sont essentiellement le Ministère de l'Agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche à travers la DGFIOP, la DGEDA, la DGF, le Ministère de l'environnement et du développement durable à travers l'ANPE, le Ministère des finances, le Ministère de développement régional et de la coopération internationale.

Technologie 4 : l'assurance climatique pour l'agriculture

A.1 Introduction

L'assurance climatique contre la perte de culture est commune dans l'agriculture des pays développés où les agriculteurs contactent des assurances contre les pertes de récoltes dues à des événements climatiques extrêmes tels que les inondations ou les sécheresses. Typiquement les paiements sont effectués sur la base des pertes de récolte constatées lors des inspections à la ferme. Toutefois, les inspections à la ferme peuvent être coûteuses et potentiellement subjective. Il existe différents types de régimes d'assurance climatique agricoles. L'assurance climatique indicielle utilise des modèles de la façon dont les extrêmes climatiques affectent la production agricole afin de déterminer quel climat déclenche ce processus et quelles pertes de la récolte substantielle qui nécessiteraient un paiement de compensation. Ceci a l'avantage d'être totalement objective et ne nécessitant pas l'inspection sur place. Le plan d'assurance-récolte fédérale américaine a offert ce genre d'assurance depuis les années 1990[30].

En Tunisie, l'assurance agricole qui existe ne couvre pas les risques liés à la sècheresse. Le seul appui de l'Etat est la reconduction des dettes. Actuellement la Direction générale du financement, des investissements et des organismes professionnels (DG/FIOP) et l' Institut national des grandes cultures (INGC) avec l'appui de l'Agence Française au développement (AFD) ont initié un projet d'adaptation de l'agriculture méditerranéenne au changement climatique (ACCAGRIMAG) en Tunisie qui a pour objectif de tester les conditions de mise en place un système de sécurisation du revenu des agriculteurs qui se basera sur un fonds de garantie contre la sécheresse, qui soit fonctionnel, réactif et qui touche le plus grand nombre d'agriculteurs. En complément de ce système, ce projet visera également à tester les modalités et les conditions de mise en application d'une garantie supplémentaire et d'un complément assurantiel optionnels. D'une durée de trois années ce projet couvre trois zones pilotes Zaghouan, Beja et le Kef[31].

La sécheresse est le principal risque climatique pour les agriculteurs tunisiens, notamment pour la production de céréales. Le fait qu'il ne fasse pas l'objet d'assurances en Tunisie est lié aux défis que représente le montage de produits pérennes pour ce type de risque. La forte sinistralité, les coûts de transaction élevés, les aléas moraux et la sélection adverse rendent ce type d'assurance particulièrement risqué.

Dans ce contexte, l'assurance indicielle climatique pour le risque de sécheresse ou d'autres produits d'assurances basés sur des indices, peuvent représenter une piste prometteuse pour lever une partie des facteurs de blocage. Les coûts de fonctionnement sont diminués par rapport à un système classique, notamment car l'expertise de terrain est fortement réduite. D'autre part le fonctionnement sur indice limite les risques d'aléa moral et de sélection adverse. Toutefois le risque de base doit être maîtrisé, c'est-à-dire que les niveaux des indices déclenchant l'indemnisation doivent être en rapport avec les dommages réels. La mise en place de l'assurance indicielle pourra s'appuyer sur les résultats du projet ACCAGRIMAG qui est en cours à la DG/FIOP.

A.2 Caractéristiques de la technologie

En Tunisie comme partout dans le monde, les agriculteurs font face à des difficultés majeures causées par les pertes de récolte durant les années des événements climatiques extrêmes. Les dégâts qu'ils subissent peuvent les forcer à la dette, qui les conduit à vendre leurs actifs, même leurs terres, et de les empêcher d'être en mesure d'investir dans la production de l'année suivante. Ces événements sont considérés comme une cause considérable de ressources pour lesquelles les agriculteurs pauvres sont incapables d'accumuler des biens et des capitaux suffisants pour sortir de la pauvreté. Avec le changement climatique, les événements climatiques extrêmes sont susceptibles de devenir plus fréquents avec des impacts importants sur les moyens de subsistance des agriculteurs[32]. Presque tous les agriculteurs disposent de mécanismes traditionnels de survie pour les périodes de sécheresse, comme la vente du bétail et de la migration temporaire. Toutefois, ces mécanismes peuvent ne pas être en mesure d'atténuer les impacts des événements extrêmes, des sécheresses

[30] Plateforme tchwiki

[31] DG/FIOP, 2013. *Projet FFEM- ACCAGRIMAG – Mission d'appui au démarrage du projet « Couverture Sécheresse Tunisie » – déc. 2013*

[32] GIZ et MARH, 2007. Stratégie nationale d'adaptation du secteur agricole et des écosystèmes au changement climatique.

ou de plus d'une saison. Par conséquent, il est essentiel de trouver des mécanismes financiers pour soutenir les agriculteurs dans les années de pertes financières dues aux événements climatiques. Aussi, si ces pertes deviennent plus fréquentes alors les agriculteurs seront moins disposés à prendre un crédit, et les prêteurs peuvent être moins disposées à prêter (ou augmentent les coûts de prêts) en raison des risques plus élevés impliqués. Si les agriculteurs ne disposent pas accès au crédit, cela limite fortement leur capacité à investir dans l'amélioration de la productivité et la rentabilité de la vie agricole.

- ✓ Eude de faisabilité pour la mise en place d'un système d'assurance du risque climatique. L'étude devrait clarifier d'une part la nature des risques à prendre en considération et la manière dont ces risques seront couverts.
- ✓ Mise en place progressive du système d'assurance contre les risques climatiques choisis comme le plus adapté à la situation de l'économie tunisienne et au secteur agricole.

La mise en place d'un système d'assurance se fera pour les principales cultures (principalement la céréaliculture) contre les effets les plus importants du changement climatique et qui sont les sècheresses.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

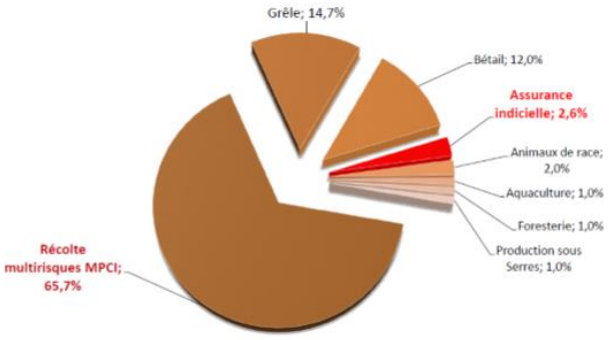
En Ethiopie[33], on peut, entre autres, citer deux initiatives dans ce domaine, l'une pilotée par l'ONG Oxfam America et l'autre par le Programme alimentaire mondial (PAM). Dans ce dernier cas, un contrat est signé entre le PAM et l'assureur franc ¸ais AXA Assurance. Le PAM paie une prime annuelle d'assurance à AXA qui est chargée, en cas de sinistre« sècheresse », de verser de l'argent à l'Etat éthiopien qui doit secourir les populations sinistrées[14].

Des projets ou programmes d'assurance indicielle ont été lancés dans de nombreux pays du monde, développés ou en développement (cf. figure). Néanmoins, excepté en Inde et au Mexique, les assurances basées sur les indices sont surtout mises en œuvre sous forme de projets pilotes.

Au niveau mondial, l'assurance multirisque sur récolte représente plus de 65 % des primes collectées Les assurances sur la grêle et pour le bétail comptent pour environ 15 % et 12 % du marché, tandis que la part des autres produits, dont l'assurance indicielle, est faible.

Les programmes d'assurances indicielles dans le monde[14]

[33] Sarr B, Atta S,Kafando L, 2012.Revuedesindicesclimatiques utilisées dans les systèmes d'assurances agricoles indicielles en Afrique. Sècheresse 23 : 255-60. doi : 10.1684/ sec.2012.034



Part des divers produits d'assurance agricole dans les primes collectées au niveau mondial en 2009[14]

A.4 Statut de la technologie dans le pays

En Tunisie, l'agriculture représente une part très réduite du marché des assurances soit 3 % en 2009 ce qui représente un des assurances agricoles de 30 millions d dinars (environ 15 millions d'euros), pour un marché total de 1 150 millions de dinars (environ 575 millions d'euros). Pourtant, l'agriculture représentait 12 % du PIB du pays en 2008 (actuellement moins de 10%). La superficie agricole s'élève à 4,9 millions d'hectares avec comme principales productions l'arboriculture (49 %), les céréales (37 %), les fourrages (9 %), les cultures maraîchères (4 %) et les légumineuses (2 %). La Caisse Tunisienne d'Assurances Mutuelles Agricoles (CTAMA) réalise environ 80 % du chiffre d'affaires dans le secteur agricole[34].

Les risques agricoles assurés par la CTAMA sont les suivants: grêle (céréales, arboriculture, vignes, maraîchage), incendie des récoltes, multirisque pour les cultures sous serres (grêle, tempête, incendie, gel, foudre), mortalité du bétail, matériels, bâtiments, responsabilité civile. Pour le risque de grêle sur les céréales, la prime est subventionnée à 50 % et représente environ 3 % du montant assuré. La sécheresse ne fait pas partie des risques couverts, alors qu'en Tunisie, cet aléa représente la sinistralité la plus forte avec en moyenne une sécheresse tous les 4 à 5 ans. En cas de sinistre, la CTAMA met en place un réseau décentralisé de vérificateurs internes ou externes à la mutuelle, qui estiment les dommages subis.

Le secteur est marqué par le faible taux de pénétration de l'assurance auprès des agriculteurs. Environ 40 000 exploitants sont assurés, soit moins de 8 % des 516 000 agriculteurs tunisiens. Plusieurs facteurs sont mis en avant pour expliquer cette situation. Tout d'abord le recours aux services financiers classiques proposés par les banques et les assurances dans le domaine agricole reste mineur. Seuls 7 % des agriculteurs ont accès au crédit, en raison notamment des conditions bancaires exigées et de la complexité des procédures administratives. D'autres paramètres interviennent également : le morcellement des exploitations, qui complexifie la diffusion des produits, la couverture partielle des risques climatiques, les processus de concertation limités avec la profession agricole.

Au-delà du dispositif d'assurance, deux autres mécanismes sont prévus pour contribuer à la gestion des risques agricoles : le Fonds National de Garantie, qui doit permettre la garantie des crédits bancaires, en particulier contre les risques de sécheresse en agriculture, et le Fonds de Calamités Naturelles, qui doit servir à la réparation des dommages subis par les agriculteurs pour des aléas climatiques non assurables ou exceptionnels. Mais ces deux fonds n'ont que très peu fonctionné dans la pratique, du fait de dysfonctionnements dans les modalités de leur mise en œuvre Plusieurs pistes sont maintenant évoquées pour le développement du secteur assuranciel. La mise en œuvre d'une assurance indicielle climatique pour le risque de sécheresse pourrait s'appuyer sur plusieurs atouts existants : des systèmes de collecte des données météorologiques et agronomiques structurés, la présence du réseau d'agences de la CTAMA sur tout le territoire, des entreprises nationales et internationales de réassurance qui pourraient être intéressées.

[34] Billy Troy, 2013. Assurance et développement agricole : nouvelles dynamiques en Algérie, au Maroc et en Tunisie.

Néanmoins la faisabilité d'un tel produit devra être évaluée plus finement, sur les plans technique, commercial et financier. Des études sont actuellement en cours. Par ailleurs, une réforme du Fonds de Calamités Naturelles pourrait permettre de couvrir les risques non assurables par le secteur privé. Le Fonds National de Garantie pourrait également être réformé, notamment au niveau des modalités d'intervention, pour garantir effectivement les prêts agricoles accordés par les banques. Enfin, si les institutions de micro-finance ne sont pour l'instant pas autorisées à proposer des services assuranciels, la loi pourrait évoluer dans ce sens. Dans ce cas, des institutions seraient prêtes à développer des produits de micro- assurance, y compris dans l'agriculture, en partenariat avec des compagnies d'assurance.

Le taux de couverture des productions végétales et animales par les assurances de la CTAMA reste faible. Ainsi pour les grandes cultures, seuls 77 000 hectares sont couverts par une assurance pour une surface emblavée totale de 1 600 000 hectares, soit moins de 5 %. Le taux de couverture est plus élevé pour la vigne[35].

Le secteur de l'assurance agricole est donc principalement marqué par un faible taux de pénétration auprès des agriculteurs, en particulier pour les exploitations de moins de 10 hectares qui représentent une large majorité des fermes en Tunisie. Or, des enquêtes réalisées par la CTAMA semblent montrer qu'une majorité d'agriculteurs sont conscients de l'importance de l'assurance agricole, et seraient prêts à prendre une assurance même si elle n'est pas obligatoire ou liée à un crédit. Cependant ils ne souscrivent pas de contrats d'assurances (Nasri 2012). Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation.

En Tunisie, la mise en œuvre d'une assurance indicielle pourrait s'appuyer sur plusieurs atouts existants :

i. des systèmes de collecte des données météorologiques et agronomiques structurés existent et pourraient être renforcés pour alimenter le dispositif. Les données sont disponibles à l'échelle des gouvernorats (quelques milliers de km2) mais elles seraient à récupérer à une échelle spatiale plus fine,

- ✓ la CTAMA dispose d'un réseau d'agences sur tout le territoire tunisien qui pourrait être mobilisé, en particulier pour l'approche de vente au détail qui est un paramètre clé de la diffusion du produit,
- ✓ des entreprises nationales et internationales de réassurance pourraient être intéressées à s'impliquer sur ces sujets en Tunisie,
- ✓ des instituts agronomiques, comme l'Institut National des Grandes Cultures, qui peuvent être associés pour la vulgarisation et le conseil aux agriculteurs.

Néanmoins la faisabilité d'un tel produit devra être évaluée plus finement. Des études sont actuellement en cours pour cela et associent les principales institutions tunisiennes concernées et des partenaires techniques et financiers comme l'Agence Française de Développement.

Trois défis principaux seraient à relever :

- ✓ la faisabilité technique : les données doivent être collectées à une échelle spatiale suffisamment fine pour permettre de corréler le mieux possible le niveau des indices et les pertes réelles (risque de base),
- ✓ la diffusion commerciale : dans un contexte de méfiance vis-à-vis de l'assurance agricole, la conception d'un nouveau produit de ce type doit correspondre aux besoins des agriculteurs cibles, et proposer un montant de prime qu'ils seront prêts à payer. Cela nécessiterait probablement des concertations approfondies entre les agriculteurs, les assureurs et l'Etat pour identifier les besoins, construire un produit y répondant, informer et susciter un regain d'intérêt de la part des agriculteurs.
- ✓ la pérennité financière : la détermination du caractère assurable ou non du risque est centrale pour cela. L'intérêt de l'assurance indicielle pourrait ainsi fortement dépendre des zones géographiques considérées. Dans certaines régions, le risque est acceptable et pourrait conduire à des niveaux de primes raisonnables, mais nécessiterait malgré tout une aide de l'Etat selon certains acteurs, sous la forme de subvention des primes notamment. Dans d'autres zones, notamment le Sud du pays, le risque excessif entraînerait des coûts de couverture très importants. D'autres outils peuvent alors être mobilisés, comme des fonds de calamités agricoles.

[35] Nasri M. (2012), L'assurance agricole en Tunisie, Caisse Tunisienne d'Assurances Mutuelles Agricoles, présentation aux Etats généraux de l'assurance agricole, Fédération des Sociétés d'Assurances de Droit National Africaines, 30 et 31 octobre 2012, Abidjan, Côte d'Ivoire.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Contacter une assurance pour faire face à la sècheresse ne permet pas d'éliminer totalement les risques, mais de les réduire. Les coûts des assurances seront ainsi réduits car aucune vérification in situ ne sont réalisées pour constater les pertes réelles. Cela permet une plus grande couverture en bénéficiant à un grand nombre de petits agriculteurs pour lesquels il serait non viable de fournir une assurance standard. L'assurance est le plus facile à administrer dans le cadre d'autres services financiers aux agriculteurs, principalement le crédit où l'assurance peut couvrir le remboursement du crédit en cas de pertes dues à des événements climatiques extrêmes. Cela permettrait de réduire le risque de perdre leurs terres aux agriculteurs ou d'autres actifs en raison de conditions climatiques extrêmes.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'assurance indicielle climatique constitue une mesure d'adaptation au changement climatique puisqu'elle permet de réduire la vulnérabilité des agriculteurs aux effets des évènements extrêmes et principalement les sècheresses très fréquentes en Tunisie. Elle offre une meilleure gestion des extrêmes climatiques, réduit la pauvreté et l'abandon des terres en cas de sinistre.

A.7 Exigences et coûts Financiers

La mise en œuvre de cette technologie s'appuiera sur les résultats du projet ci-dessus et se déroulera sur une durée de trois années avec l'implication de la DGFIOP, la DGEDA, les banques d'assurances. Le cout de cette technologie est estimé à 15 MDT.

Les avantages de ce nouveau mécanisme est la réduction des pertes agricoles et des revenus des agriculteurs, réduire leurs vulnérabilités à la sècheresse accentuée par le changement climatique.

Technologie 5 : Equipement des points d'eau avec l'énergie photovoltaïque pour l'irrigation et l'hydraulique pastorale

A.1 Introduction

L'énergie solaire sous ses différentes formes est de plus en plus encouragée en Tunisie. Elle est notamment utilisée pour le chauffage de l'eau dans les habitations et commence à être prise en considération comme source d'énergie pour d'autres formes d'usage. Dans le secteur agricole, l'utilisation de l'énergie photovoltaïque pour l'irrigation ou pour l'hydraulique pastorale est encore limitée en Tunisie, exceptées quelques initiatives comme l'équipement de certains points d'eau dans les parcours du Dahar.

Réduire la consommation des énergies fossiles, améliorer le revenu des petits agriculteurs par la réduction des coûts de l'exhaure de l'eau d'irrigation, et homogénéiser l'exploitation des parcours du Sud en équipant les points d'eau.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La technologie consiste à équiper les puits de surface ou des forages en énergie photovoltaïque pour l'exhaure de l'eau pour l'abreuvement du cheptel dans les parcours du Sud ou pour l'irrigation dans les périmètres de faible étendue. Une étude de faisabilité sera réalisée en amont afin de mieux cerner l'étendue du projet et sa faisabilité économique par la recherche de soutien au financement à travers un mécanisme incitatif (Subvention, crédit, bonification, etc.) et la réalisation d'une campagne d'information et de sensibilisation des agriculteurs potentiels dans le cadre d'un plan de communication adapté et ciblé.

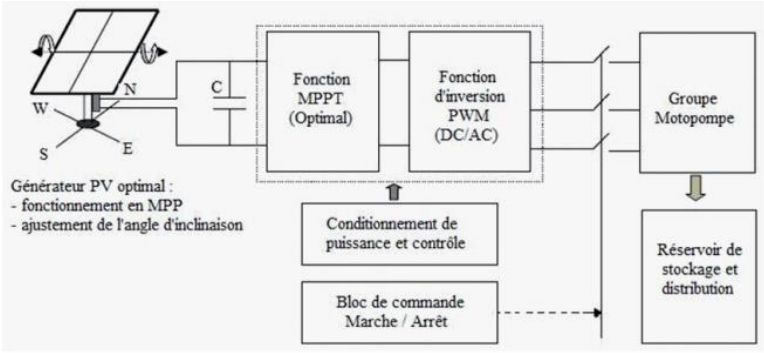


Schéma type d'un système de pompage par énergie solaire photovoltaïque

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Plusieurs initiatives partout dans le monde et plus particulièrement en Afrique existe. Le pompage de l'eau en utilisant l'énergie photovoltaïque dans les communautés rurales en Afrique se développe de plus en plus avec l'aide des Etats et des ONG nationales et internationales qui œuvrent dans ce domaine. L'existence d'un potentiel important surtout en Afrique permet de développer davantage cette technologie ce qui sera à l'origine de la baisse des couts.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La technologie de pompage photovoltaïque est aujourd'hui mature sur le plan technique. Toutefois, les expériences pour l'utilisation des énergies renouvelables dans le domaine du pompage pour l'irrigation proprement dite sont relativement rares et ce en raison notamment de l'absence de rentabilité économique acceptable au vue de l'investissement initial jugé trop lourd par rapport à la une capacité financière limitée des agriculteurs. A cet effet, l'ANME a instauré en 2009 une prime à l'investissement pour surmonter autant soi peu ce problème d'investissement. Toutefois, cette mesure semble ne pas encourager les agricultures qui demeurent indifférents par rapport à la technologie photovoltaïque.

De ce fait, l'introduction de cette technique de pompage pour la petite irrigation nécessite de passer par un programme pilote de taille signifiante dont l'objectif serait de démontrer la faisabilité à grande échelle et tester les mécanismes financiers et organisationnels à mettre en place. Ce programme pilote, qui s'étalera durant la période de 5 ans vise le remplacement des motopompes de 300 puits pour la petite irrigation par des systèmes

de pompage photovoltaïque, totalisant une puissance 600 KWc, adossé à un mécanisme de financement adéquat de type Prosol pour la diffusion des chauffe-eau solaires. Ce mécanisme se basera, outre la subvention accordée par la loi sur la maîtrise de l'énergie (40% plafonnée à 20.000 DT), sur un système de crédit approprié avec bonification du taux d'intérêt, pour supprimer la barrière de l'investissement initial. Il sera accompagné aussi d'un ensemble de mesures d'accompagnement et de suivi pour faciliter sa mise en œuvre et son évaluation.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La satisfaction des besoins en eaux des communautés rurales dispersées et habitant les zones désertiques est tout simplement la mise en œuvre du droit à l'eau telle que stipulé par la constitution Tunisienne. Sans eau, on assiste à la désertification, l'impossibilité de vivre tout simplement. Les besoins en eau du cheptel sont une priorité absolue pour les communautés rurales et les petits éleveurs car le cheptel représente leur seul moyen de subsistance par endroit.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Il s'agit dans ce cas précis d'une mesure mixte d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. En effet, le recours à cette forme d'énergie permet d'accéder à un cout moindre à l'eau et donc à réduire le stress hydrique et surtout réduire le cout de pompage de l'eau pour une population d'éleveurs vulnérables.

Dans les parcours ce type d'énergie présente l'avantage de la flexibilité et permet de se libérer de la contrainte énergétique dans des zones relativement isolées. Le projet permet de renforcer deux stratégies nationales : la promotion des énergies renouvelables et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre par la réduction de l'utilisation des énergies fossiles. Il permet aussi de faire bénéficier la population assoiffée de leur droit le plus stricte : le droit à l'eau telle que stipulé par la constitution Tunisienne.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le cout de cette technologie est d'environ 100 MDT[36], sachant que le coût d'exploitation et de maintenance sont relativement faible : environ 0,1% par an. Les zones concernées par ce projet sont le Sud et les zones d'irrigation de petite agriculture : région de Sidi Bouzid, Kairouan, Nord de Gafsa,…

Le projet sera réalisé par la STEG, l'ANME et le Ministère de l'agriculture à travers la direction générale du génie rural sur une période de cinq années.

[36] ANME, 2011. Etude sur le développement de la maitrise de l'énergie dans le secteur de l'agriculture et de la pêche

Technologie 6 : Agriculture mixte

A.1 Introduction

Le Sud du Gouvernorat du Kef est à dominante céréaliculture-élevage, basé sur la culture en sec et les précipitations naturelles. Ce secteur reste très vulnérable au changement climatique. L'agriculture mixte vise à mieux intégrer les techniques d'exploitation pouvant contribuer à l'adaptation au changement climatique et l'augmentation de la rentabilité des exploitations dans la région du Kef située au Nord-Ouest du pays.

A.2 Caractéristiques de la technologie

L'agriculture mixte est une technologie composée, comme le définit par la FAO, par des systèmes régis par des ménages ou des entreprises où la culture végétale et l'élevage d'animaux forment à eux deux les composantes intégrées d'un système agricole unique. Ils incluent les systèmes de petits élevages hors-sols, qui comptent sur la culture agricole des fermes avoisinantes. Les raisons principales de l'exploitation mixte sont :

- la répartition des risques sur les deux types de production : végétale (primaire) et animale (secondaire),
- la complémentarité entre l'agriculture et l'élevage,
- la flexibilité permettant l'ajustement des rapports agriculture/élevage pour anticiper les risques, les opportunités et les besoins.

Dans le cadre de la ferme/de l'entreprise, la culture agricole et l'élevage peuvent entrer en compétition pour les même ressources rares, comme la terre, le travail et le capital. Par conséquent, la performance des productions animales est souvent moins importante que dans les systèmes spécialisés (de pâturage ou industriels). Cependant, la production totale combinée, qui prend en compte l'agriculture et l'élevage, peut parfois être supérieure. De plus, les systèmes d'exploitation mixte s'avèrent être adaptés à de nombreuses circonstances auxquelles les systèmes industriels ne le sont pas.

Les systèmes agricoles mixtes peuvent être classés en plusieurs types (FAO, 2001) :

- Mixtes sur pâturages communautaires
- Mixtes sur résidus de récoltes
- Mixtes avec alimentation à l'auge
- Mixte avec fourrage produit sur l'exploitation
- Mixte avec aliments achetés

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

L'agriculture mixte est pratiquée un peu partout dans le monde pour les avantages sociaux, économiques et environnementaux qu'elle procure. Le potentiel de son développement en Tunisie est très important.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

L'agriculture mixte est pratiquée en Tunisie et on la rencontre surtout dans les oasis à Kébili et à Tozeur pour la simple raison qu'elle permet une meilleure rentabilité économique des exploitations qui sont en général de petites tailles.

Les exploitations agricoles en « bour » du Sud ont moins de cultures de plein champ, pratiquent davantage l'arboriculture et élèvent du petit bétail. L'arboriculture consiste principalement en la culture d'oliviers, d'amandiers et de pistachiers. Les systèmes de culture des exploitations mixtes comprennent, entre autres, la culture irriguée des olives, les cultures maraîchères, et la production de lait.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Selon la FAO, l'agriculture mixte pour offrir :

- des fonds de sécurité alimentaire (vente des animaux en échange de nourriture de base)

- un compte d'épargne et compte de sécurité (vente des animaux en fonction des besoins, capital familial) ;
- la création de revenus (vente d'animaux et de produits animaux ; services de traction animale) ;
- la consommation familiale : (produits animaux, fumier comme carburant : séché ou comme source pour le biogaz) ;
- l'amélioration des travaux des cultures (traction et fumier) ;
- un moyen d'exploiter les communaux, plantes de couverture, de jachère et de bordures : (produits animaux ; entretien de la végétation ; fumier destiné aux cultures).

L'agriculture mixte maintient la fertilité des sols par le recyclage des éléments nutritifs du sol et permet l'introduction et l'utilisation des rotations entre les différentes cultures et légumineuses fourragères et des arbres, ou pour les terres en jachère et les graminées et des arbustes pour se rétablir. Les systèmes agricoles mixtes maintient la biodiversité des sols, minimise l'érosion du sol, aide à conserver l'eau et fournit des habitats favorables pour les oiseaux. Les systèmes de polyculture faire le meilleur usage des résidus de récolte. Quand ils ne sont pas utilisés dans l'alimentation, les tiges peuvent être incorporées directement dans le sol, où, pendant un certain temps, ils agissent comme un piège à azote, exacerbant les carences. Brûler les résidus de récolte, l'autre alternative, accroît les émissions de dioxyde de carbone. Les systèmes agricoles mixtes permettent la culture intensive, avec moins de dépendance sur les ressources naturelles et la préservation de la biodiversité plus que ce ne serait le cas si la demande alimentaire devaient être rencontré par les activités de culture et d'élevage, entreprises isolément[37].

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'agriculture mixte contribue à l'adaptation au changement climatique en raison de la diversification des cultures et du bétail permet aux agriculteurs d'avoir un plus grand nombre d'options pour faire face aux conditions météorologiques incertaines liées à la variabilité accrue du climat. L'agriculture mixte peut également donner une production plus stable parce que si une culture ou une variété échoue, un autre peut compenser. Élevage représente un moyen par lequel les familles peuvent économiser et d'investir dans l'avenir. L'élevage est une banque des actifs qui peuvent être vendus pendant les périodes de nécessité, tels que si les récoltes échouent à cause de la sécheresse ou les inondations. Il pourra aussi fournir la traction et le fumier et participera à la sécurité alimentaire puisque les produits animaux peuvent être consommés et leur fumier peut servir de combustible.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Les couts de cette technologie sont estimés à 7 MDT pour une durée de mise en œuvre de 7 années.

La responsabilité de mise en œuvre de ce projet est confiée au Ministère de l'agriculture et ses structures associées comme la DGPA, le CRDA du Kef, les GDA et l'OEP et l'URAP du Kef.

[37] http://www.climatetechwiki.org

Technologie 7 : Valorisation des eaux usées traitées en agriculture irriguée

A.1 Introduction

La Tunisie est un pays aride à semi-aride sur les trois quarts de son territoire, avec des ressources en eau limitées et pour lequel la maîtrise des ressources en eau est cruciale.

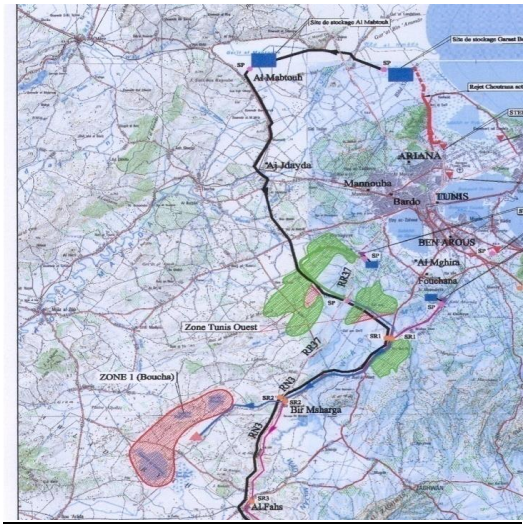
Les eaux usées traitées (EUT) constituent après un traitement approprié une ressource susceptible de jouer un rôle non négligeable dans une perspective de rareté croissante des eaux conventionnelles liées aux effets du CC. Les EUT représentent actuellement près de 5% des ressources hydriques totales disponibles. Bien que leur utilisation reste limitée, il est possible de la développer notamment pour l'irrigation des cultures dans les zones proches du Grand Tunis où sont produites 45% des volumes des eaux traitées. Le plan de développement 2016-2020 prévoit la réutilisation de 50% du potentiel en eau usée traitée.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Le projet comprend le transfert de 26 Mm^3/an de la station d'épuration d'Al Attar vers la plaine de Boucha pour alimenter un futur périmètre irrigué dans la plaine de Boucha – Ain Asker du gouvernorat de Zaghouan. Ce périmètre couvre une superficie de 6 500 ha et ses besoins en eau sont estimés à 26 millions de m^3/an. Le système de production à dominante céréalière (Orge grains) et fourragère (Orge/Colza et Sorgho caractérisée par la présence d'une nappe phréatique de mauvaise qualité et avoisinant des sebkhats pouvant servir d'exutoire en cas de besoins. Cette zone présente l'avantage d'être proche des stations d'épuration du Grand Tunis et des périmètres actuels à partir des usées traitées et des extensions projetées de certains de ces périmètres. Actuellement le périmètre est occupé par 2500 ha de céréales + 4000 ha de jachère.

Les principales composantes du projet sont :

- Etudes techniques et mise en œuvre des stations de pompage et du réseau de transfert (45 Km) à partir de la STEP El Atar. Il s'agit du système de transfert 1.1 telle que projeté par l'étude de faisabilité (MEDD, 2009).
- Aménagement de 6500 ha de périmètres irrigués y compris un système de filtration des eaux usées traitées
- Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi environnemental, de sensibilisation et de renforcement des capacités.



Plan de situation de la zone de Boucha du gouvernorat de Zaghouan

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Une réelle opportunité de REUT s'offre au secteur agricole dans les zones où l'accès aux eaux conventionnelles est très limité, voire inexistant. L'étude de transfert des eaux usées traitées du Grand Tunis (DGEQV, 2009) a permis d'identifier les le potentiel des EUT que l'on pourra utiliser à l'horizon 2021 et les lieux de création des

périmètres irrigués ou des lieux de recharge des nappes. Il a été retenu que le potentiel des superficies à irriguer pourra évoluer de 8100 ha actuellement à 25600 ha en 2021 avec 102 Mm3 d'eau usée traitée réutilisée et la recharge de quatre nappes avec un volume annuel de 30,2 Mm3. Ce projet permettra de faire élever la réutilisation de 25% (68 Mm3) actuellement à environ 60% en 2021.

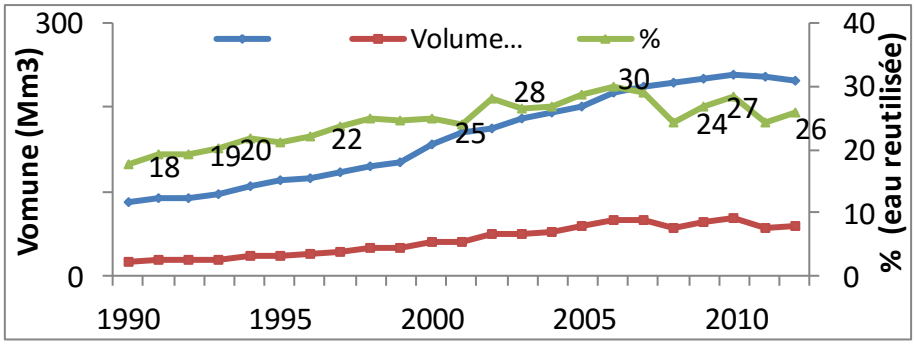
L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture figure parmi les orientations de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eau. Le plan de développement 2016-2020 prévoit d'atteindre un taux de réutilisation des EUT de 50% contre 25% actuellement. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra et interannuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC. La stratégie de communication et de sensibilisation de la réutilisation des EUT et des boues réalisée par la DGEQV et lancé en 2015 représente un atout pour la réussite de cette technologie.

Les eaux épurées sont, en général riches en éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore et le potassium. L'apport en nutriments permettant une réduction considérable de l'utilisation des engrais chimiques. Aussi, la valorisation des EUT permet de cultiver des céréales sur les terres actuellement en jachère (4000 ha sur les 6500 ha) et ainsi l'augmentation des revenus des agriculteurs et donc une dynamisation de la zone.

Plusieurs pays pratiquent la réutilisation des EUT. Le rapport de l'AFD[38] fournit un état complet de la réutilisation des EUT dans le monde avec identification des différents avantages et contraintes de développement.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La réutilisation des eaux usées traitées a débuté depuis les années 60 et se pratique depuis. L'élaboration de la norme de réutilisation en agriculture la NT106.03 a permis de développer cette pratique mais depuis plus de dix ans, le taux de réutilisation a stagné aux alentours de 25% comme le montre la figure suivante. Actuellement seulement 8500 ha sont irrigués par les EUT. La qualité des eaux, la restriction des cultures et le coût de transfert et d'entretien de l'infrastructure d'eau usée traitée semblent être les freins majeurs à son développement.



Evolution des volumes des eaux usées produits et réutilisés

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Les eaux épurées sont, en général riches en éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Ces éléments pourraient générer des impacts sur les propriétés physico-chimiques du sol et par conséquent, une modification de ses constituants et donc de sa structure. La plupart de ces éléments sont assimilés par les plantes. De façon générale, les sols en Tunisie sont pauvres en phosphore et potassium, et la réutilisation d'eau traitée permettrait de les améliorer.

D'autres expérimentations menées dans ce cadre, par le laboratoire de physique des sols de l'INRGREF, pour évaluer les effets des apports des eaux traitées et des boues montrent :

[38] AFD et BRL, 2011. Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action

- ✓ Une tendance à l'amélioration avec le temps de la densité apparente des sols ;
- ✓ Une amélioration de la porosité du sol.

La réutilisation des eaux épurées présente de nombreux avantages :

- ✓ Mise à disposition d'une ressource en eau qui peut venir en substitution à des eaux conventionnelles qui peuvent avoir une autre affectation, en particulier dans les zones, où les ressources en eau sont très sollicitées ;
- ✓ Alimentation régulière tout au long de l'année et en particulier en période estivale.
- ✓ Apport en nutriments permettant une réduction considérable de l'utilisation des engrais chimiques.

Les eaux épurées sont riches en nutriments : azote, phosphore, potassium, etc., très demandés par les agriculteurs, pour augmenter les rendements. D'après nos entretiens avec les responsables du Ministère de l'Agriculture, les agriculteurs n'utilisent pas d'engrais en cas d'irrigation avec les eaux épurées. Ainsi, des quantités importantes d'engrais peuvent être économisées.

D'après une étude menée par l'Office International de l'eau, un apport de 1000 m^3/ha d'eaux usées traitées peut apporter :

- ✓ De 16 à 62 kg d'azote
- ✓ De 2 à 69 kg de potassium
- ✓ De 4 à 24 kg de phosphore

Dans certains cas, les éléments peuvent être même en excès par rapport au besoin de la plante.

En Tunisie, les entretiens menés auprès des agriculteurs et des techniciens (CRDA) dans le cadre de l'étude stratégie de valorisation des eaux usées ont révélé que les agriculteurs n'apportent généralement pas d'amendements organiques et minéraux. Ceci s'explique par la teneur en matières organiques et minérales des EUT.

Selon les responsables du CRDA à Mornag, les apports en éléments fertilisants sont très limités. Dans le périmètre de Zaouia de Sousse, on estime que 10% des agriculteurs exerçant depuis 12 ans apportent de faibles quantités de fumier tandis que les apports minéraux sont absents. A Oued Eddissa, les agriculteurs sont conscients du contenu en éléments nutritifs de l'eau et de ses propriétés fertilisantes et n'envisagent les amendements organiques et minéraux qu'à long terme. A Borj Touil et à la Soukra, les amendements pratiqués par certains agriculteurs sont limités à la fumure de fond. Les quantités apportées sont très faibles selon les agriculteurs interviewés.

Au niveau de la productivité agricole, de façon générale, les rendements obtenus dans les périmètres irrigués à partir des eaux épurées, sont supérieurs à ceux obtenus en utilisant les eaux conventionnelles rapport APIA. Les rendements obtenus pour certaines cultures sont récapitulées dans le tableau suivant :

Rendement des cultures irriguées par les EUT

Cultures	Rendement maxi T/ha (EUT)	Rendement moyen T/ha (eau conventionnelle)	Ratio
Olivier	4	1,5	2,67
Pêcher	35	32	1,10
Sorgho	130	60	2,16
Avoine	85	50	1,70
Bersim	60	27	2,22
Luzerne	95	40	2,37

Source : APIA

En terme d'impact socio-économiques, la réutilisation des eaux usées traitées permet :

- L'amélioration de la marge brute des exploitations agricoles
- Et de la création d'emplois. Le développement des filiales : commercialisation de la production, développement de l'élevage bovin.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture figure parmi les orientations de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra et inter-annuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du changement climatique. Elle permet de réduire le stress hydrique, réduit la pauvreté en eau et assure un minimum de sécurité alimentaire. Tous les bénéfices socio-économiques et environnementaux cités ci-dessus sont des atouts pour une meilleure adaptation au changement climatique.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le cout du projet est estimé à 100 MDT sur une durée de 4 années avec un cout d'exploitation estimé à 1,5% du cout d'investissement.

Le projet sera mis en œuvre par le MEDD (ONAS) et le MARHP (DGGREE) avec les différents partenaires comme le CITET, la DHMPE du Ministère de la santé publique, la DGPA, l'ANPE et les GDA.

LES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DES RESSOURCES EN EAU

Technologie 1 : Collecte des eaux pluviales des toitures

A.1 Introduction

Le taux de desserte actuelle (fin 2014) en eau potable dans le milieu rural en Tunisie est de 94,1 % et les objectifs fixés après réalisation et la mise en œuvre des projets et programmes en cours et/ou planifiés est d'atteindre un taux de 97% , il restera une portion de 3 % de la population rurale caractérisée par un habitat très dispersé avec un accès très difficile à l'eau et un cout d'approvisionnement en eau potable très élevé (1 Dinars le bidon de 20 litres), soit environ 50 dinars le m^3 alors que le prix moyen de vente de l'eau potable par la SONEDE est de 650 millimes.

La mise en œuvre de la constitution Tunisienne par apport à l'équité sociale et surtout au droit à l'eau pourra être matérialisé à travers l'amélioration du taux de desserte en eau potable et ce, en mettant en place des options individuelles dans les cas où les projets collectifs ne sont pas possibles. La technologie identifiée ci-dessous a pour objet la desserte en eau potable des ménages dispersés moyennant des projets individuels et ce suite aux conditions imposées par le relief et la limitation des ressources en eau.

C'est une mesure d'adaptation au changement climatique qui est devenu désormais une certitude, même si ses effets restent variables et contrastés en fonction de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation des systèmes naturels et humains.

La Tunisie n'échappera pas à ce phénomène planétaire. Les modèles de simulation du climat à l'échelle du pays réalisés dans le cadre de l'étude "Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique" (MARH/GIZ, 2007), prévoient une augmentation moyenne annuelle de la température sur l'ensemble du pays de +1,1 °C à l'horizon 2020 et +2,1°C à l'horizon 2050, par rapport à la situation de référence (moyenne 1961-1990). L'amplitude de cette augmentation de température moyenne serait en moyenne de 1,6 °C dans la région du Nord, 2,1°C à l'horizon 2050.

Les précipitations enregistreront une baisse moyenne qui varie selon les zones de 10% (Nord) à 30% (Sud) à l'horizon 2050 par rapport à la même situation de référence. Cette baisse s'accompagnera très probablement par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches avec une plus grande fréquence de deux années sèches successives dans le Nord-Ouest.

De ce fait, le changement climatique apporte une contrainte supplémentaire sur les ressources en eau en terme d'offre et de demande, des risques de conflits nouveaux sur la ressource et aussi une augmentation consistante sur les couts d'approvisionnement en eau pour les besoins de l'eau potable.

La collecte des eaux pluviales dans le contexte global de la Tunisie devra être étudié dans le cadre d'un Plan National de collecte des eaux pluviales pour un double objectif sécuriser l'alimentation en eau potable surtout en période de sècheresse et valoriser les eaux excédentaires en cas de période extrêmes qui sont appelées à s'intensifier dans le futur.

La technologie proposée ci-dessous porte sur un projet prioritaire qui concerne les zones Nord –Ouest et Centre-Ouest du pays ou les populations sont très dispersées.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Cette technologie consiste à récupérer l'eau de pluie sur les toitures de maison et son transport par des gouttières et autres canalisations jusqu'à des réservoirs ou des cuves de où elle est stockée.

Globalement, le système de collecte des eaux pluviales comprend :

- ✓ un moyen de collecte (généralement le toit des maisons et immeubles) ;
- ✓ un moyen de transport de l'eau : gouttières, tuyaux de descente d'eaux et tuyauterie ;
- ✓ un dispositif de filtration ou de décantation de l'eau ;
- ✓ un réservoir de stockage ou une cuve eau de pluie ;
- ✓ un système pour distribuer l'eau collectée.

La récupération des eaux de pluie peut avoir des utilisations comestibles (douches, bains, laver la vaisselle, etc.) ou non domestiques comme l'arrosage des plantes ou de petit potager, l'alimentation des toilettes, le nettoyage divers (sols, extérieur...).

La mise en place de ces ouvrages devra aussi être accompagnée par la sensibilisation et la formation de la population concernée à la collecte et l'hygiène des eaux pluviales pour la satisfaction de leurs besoins en eau et pour pérenniser les ouvrages de collecte (de ces eaux).

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques dans le pays

Cette technologie présente des avantages pour les zones dispersées du Centre Ouest et Nord-Ouest du pays. Les zones prioritaires pour ce projet sont de deux types :

- ✓ Celles où naturellement l'eau pluviale existe en abondance mais compte tenu du relief de la zone, l'alimentation en eau potable par un réseau conventionnel est quasiment impossible surtout en terme de coût. Parmi ces zones, on distingue les zones situées à la frontière avec l'Algérie ou l'absence de l'eau pour les besoins des populations constituent un facteur de fragilisation de la sécurité du pays ;
- ✓ Celles du centre-Ouest ou le relief et/ou la dégradation des eaux souterraines ne permet plus l'alimentation en eau sans le recours au dessalement et donc à un prix très élevé.

Le potentiel réside dans le fait que l'on envisage d'étendre cette pratique à tout le territoire Tunisien avec l'espoir que toutes les maisons/villa seraient équipées de citerne d'eau pluviale avec l'obligation à ce que toutes les nouvelles constructions (maisons ou immeubles) seraient équipés dès le départ de citerne d'eau pluviale.

L'évaluation de ce projet sera mesurée moyennant les indicateurs suivants :

- ✓ le nombre de citerne de collecte des eaux pluviales réalisés ;
- ✓ le nombre de millions de m^3 d'eau pluviale mobilisée par an ;
- ✓ le nombre de millions de m^3 d'eau conventionnelle économisés par an ;
- ✓ le nombre d'habitants bénéficiant du projet ;
- ✓ autre.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La collecte des eaux pluviales en Tunisie est une pratique ancestrale dans les zones ou les ressources en eau souterraines sont rares et pour faire face au manque de pluie durant les périodes sèches. A ce jour, dans plusieurs villes (Sousse, Sfax, Djerba, Kekennah, etc.), une partie de leurs besoins de première nécessité est assurée par le recueil des eaux pluviales. Dans un contexte de rareté de la ressource, une évolution de la température et donc des besoins en eau, cette catégorie de ressources peut jouer un rôle important dans la balance de l'offre et de la demande en eau.

Donc, cette technologie n'est pas nouvelle au contexte Tunisien. En effet les citernes connues sous le nom de « mejel » sont des constructions en dur où les eaux de pluie recueillies sur le toit des terrasses sont collectées grâce à une gouttière. On peut distinguer deux pratiques. Le *majel* proprement dit à forme conique, sa profondeur varie de 4 à 8 mètres sur un diamètre qui atteint jusqu'à 4 m. Une autre bassin connu sous le nom de « *feskia* » est moins profonde que le « *majel »* (3 à 4 mètres), et est construite lorsque la croûte calcaire est compacte (difficulté de creuser) ou lorsque la nappe n'est pas profonde (risque d'effondrement). Toutefois, on reconnait la préfèrence du « majel », dans la mesure où il prend moins d'emprise et où l'eau est plus fraîche. Le « majel » est entretenu par la chaux appliquée tous les ans sur les toitures et par l'eau de javel. L'usage traditionnel de l'extraction de l'eau par le seau permet d'oxygéner cette dernière en luttant contre la stagnation. Aujourd'hui, sédentarité oblige, de plus en plus de « *majel »* sont équipés de moteurs électriques.

Cependant, la collecte des eaux pluviales est moins pratiquée dans les zones à pluviométrie élevée comme le cas du Nord-Ouest du pays. Cela étant, l'office de développement Sylvo-pastoral du Nord-ouest (ODESYPANO) a entrepris des actions d'aménagement de quelques sources naturelles et la construction de 71 citernes pluviales entre la période 2003 à 2010 de capacité 25 m^3 avec un coût estimatif de 4000 DT dont la participation du bénéficiaire qui couvre la prise en charge des travaux de construction et qui s'élève à environ 1500DT. L'ODESYPANO fournie les produits de constructions (2500DT).

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La collecte des eaux pluviales pour les populations dispersées ou le système d'alimentation en eau implanté dans ces zones difficiles sur le plan technique, institutionnel et social est jugé non rentable sur le plan financier, permet de toucher les populations parmi les plus démunies dont la disposition à payer le service de l'eau est à peine suffisante pour assurer l'entretien et la maintenance des infrastructures. Les avantages économiques seront perceptibles à travers l'amélioration des conditions et de la qualité de vie, d'hygiène et de salubrité en milieu rural. Il contribuera à la réduction de l'indice de pauvreté et la diminution du budget de la santé, l'économie du temps consacré à la collecte de l'eau et le gain des journées travaillées et de scolarisation. Il permet aussi de réduire l'exode rural et par conséquent la désertification et renforce les efforts de l'Etat en terme de sécurité des frontières.

De plus, la construction et l'entretien des citernes de collecte des eaux pluviales est une source d'emplois verts très importante. La collecte des eaux pluviales est aussi une technologie verte puisqu'elle permet aussi de limiter la contrainte énergétique dans les zones relativement isolées.

Cette technologie pourra aussi bénéficier à la nation pour aboutir à la fin à un Plan National de Collecte des Eaux Pluviales dont les objectifs sont:

- ✓ Valorisation maximale des eaux pluviales et des eaux excédentaires ;
- ✓ Garantie et même sécuriser par une ressource d'approvisionnement en eau alternative, notamment en périodes de sécheresse ;
- ✓ Economie de l'eau conventionnelle ;
- ✓ Lutte contre la pauvreté ;
- ✓ Préservation des sols contre l'érosion par des eaux de pluie;
- ✓ Lutte contre les inondations
- ✓ etc.

La réalisation du projet se fait sur la période de 2018-2030 avec une phase prioritaire pour les 3% ne disposant pas de ressources.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Le changement climatique a et aura des effets considérables sur les territoires et les hommes. Ces impacts pourront avoir de graves conséquences sur la santé et les moyens de subsistance, en particulier pour les populations rurales pauvres, les zones d'habitat informel (en zones urbaines ou rurales) et d'autres groupes vulnérables (habitats dispersés à accès difficile).

Cette technologie « connue », simple et à coût maitrisé est considérée pour augmenter la résilience des groupements dispersés et éloignés dans leurs activités courantes. En même temps, vu les ressources limitées et l'accroissement de la demande, les investissements de grande envergure (amenée de l'eau à des distances très importantes et mise en place des réseaux classiques (en plus des frais d'exploitation de plus en plus important), ne sont pas toujours faisables ou bancable, d'où le recours à des solutions individuelles en tant que mesures d'adaptation du type no/low regret au changement climatique. Tous les avantages de développement socio-économique et environnemental évoqués ci-dessus sont de caractère à réduire la vulnérabilité des populations en zones défavorisées.

A.7 Exigences et coûts Financiers

En fonction des prix moyens, l'exécution d'une citerne pour la collecte des eaux des toits des maisons, d'une capacité de 20 m^3 s'élève à 9500 dinars (Etude GIZ, 2011, étude réalisée pour les zones montagneuses de Ghar Dimaou et Fernana), le cout global du projet serait de 18 MDT dont 15 MDT en tant que cout d'investissement (équipements et réalisation), les couts d'opérationnalisation et de maintenance sont estimés à 1,5 MDT. Au-delà de 10 ans, le cout de renouvellement serait également de 1,5 MDT.

La réalisation de ce projet est tributaire de

- ✓ L'acceptation de la population ;
- ✓ la disponibilité de l'eau pluviale ;

- ✓ la disponibilité des financements

La responsabilité du projet est assurée par la direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux (DG/GREE) avec la collaboration du Ministère de la santé à travers la DHMPE et le Ministère de l'environnement et du développement durable à travers l'ANPE. Sa mise en œuvre sera assurée par les entreprises privées ou des entrepreneurs locaux ou peut être par les municipalités.

Technologie 2 : Recharge de nappe dans le gouvernorat de Zaghouan

A.1 Introduction

Les eaux de la nappe d'El Fahs du gouvernorat de Zaghouan se caractérisent par une salinité relativement importante sur les bordures de la plaine du côté Ouest et Nord-Ouest ainsi que du côté Est. La partie médiane se caractérise par une salinité relativement plus faible < 2g/l.

Une recharge de la nappe par les EUT peut contribuer à une baisse de la salinité et à une augmentation des ressources en eau pour un pays aride à semi-aride sur les trois quarts de son territoire. Les eaux usées constituent, après un traitement approprié, une ressource susceptible d'accroître les ressources en eau disponibles et pourraient jouer un rôle non négligeable dans une perspective de rareté croissante des eaux conventionnelles liées aux effets du CC. Les EUT représentent actuellement près de 5% des ressources hydriques totales disponibles.

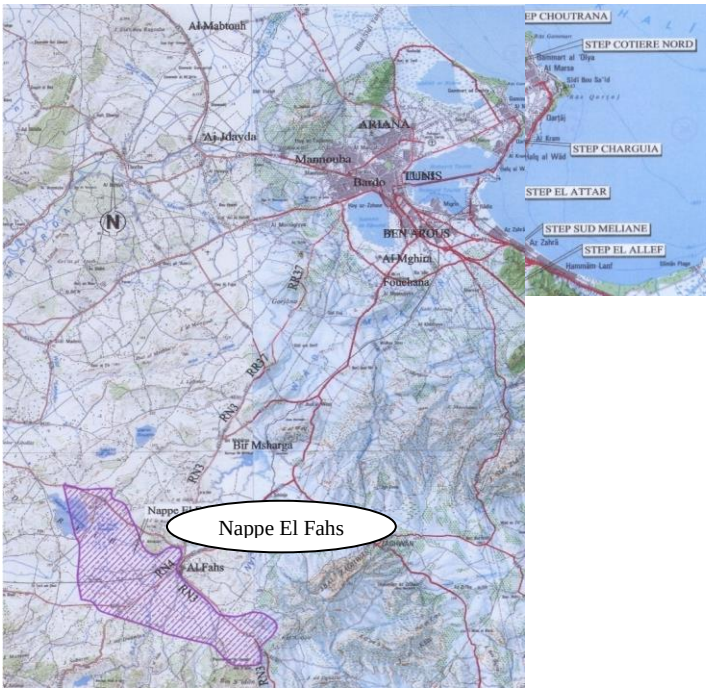
A.2 Caractéristiques de la technologie

La recharge de nappe permet la réutilisation et le stockage souterrain de 27 Mm^3 d'EUT avec la possibilité de valoriser le réseau de transfert dans le futur pour la création de 6500 ha de périmètres irrigués à Saouaf (Gouvernorat de Zaghouan).

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture et/ou la recharge des nappes, figure parmi les orientations de la stratégie nationale démobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra- et interannuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC.

Le projet comprend :

- Etudes techniques et mise en œuvre des stations de pompage et du réseau de transfert (63 Km) à partir de la station d'épuration El Allaf ;
- Aménagement des sites de recharge de la nappe ;
- Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi environnemental, de sensibilisation et de renforcement des capacités.

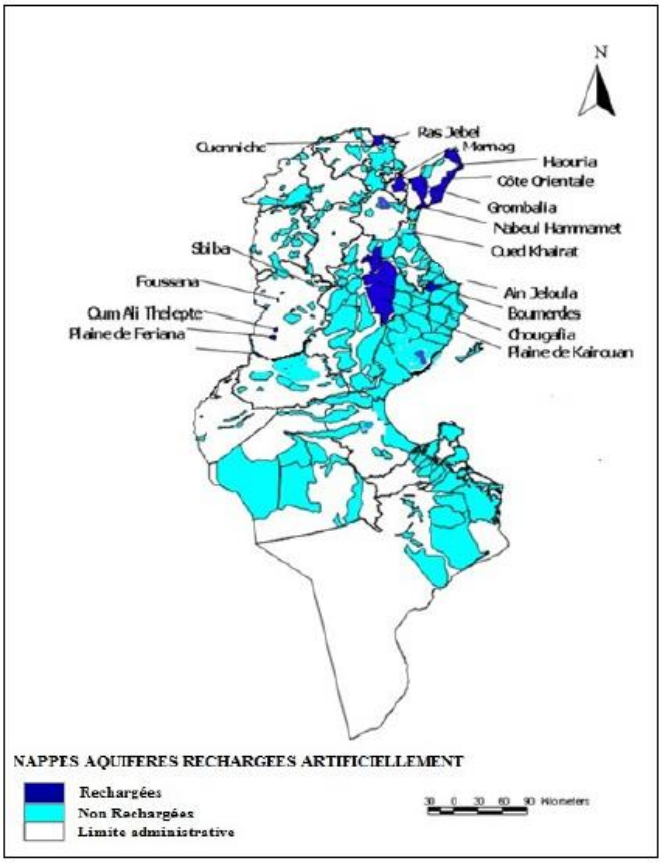


A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

La réutilisation des eaux usées (EUT) est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est, par exemple, très développée aux Etats-Unis, mais aussi en Asie et dans les pays du Golfe Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du Monde où la réutilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus pratiquée. Elle est largement systématisée en Israël. Le Chypre a même une politique nationale de réutilisation. L'Espagne et l'Italie sont les deux pays européens dans lesquels la réutilisation se développe le plus rapidement, soit sous la forme de réalisations nouvelles soit par la mise en conformité de pratiques anciennes fort répandues qui consistaient tout simplement à irriguer avec des eaux usées non traitées.

La recharge de nappe par les EUT La Tunisie a développé une stratégie nationale pour la recharge de nappe qu'elle est entrain de mettre en œuvre. La disponibilité de l'eau est souvent le frein à la mise en œuvre. Le coût de transfert est également une contrainte majeure.

La carte suivante fournit l'étendu du besoin de recharge dans tout le pays.



Plan de situation des nappes rechargées artificiellement

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante à comparer avec celle de l'utilisation des eaux conventionnelles. Cette pratique est utile, dans la mesure où elle permettrait de faire vouloir la fonction "réservoir" de l'aquifère, de régénérer des réserves de l'aquifère fortement sollicité et de préserver de nombreuses nappes phréatiques côtières contre la surexploitation et surtout les intrusions salines.

Depuis 1985, un important projet pilote de recharge de nappes phréatiques par les EUT a été conduit dans la région de Nabeul (l'oued Souhil).

Selon les sources de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), actuellement un projet de recharge de la nappe de la côte orientale (région de Korba) est en cours de réalisation.

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est très faible. En effet, le volume des EUT ne représente que 3% du volume total de recharge (tableau ci-dessous).

Contribution des différentes sources pour la recharge artificielle (DGRE, 2011)

Source d'alimentation		Volume Rechargé (Mm^3)	Taux de Recharge (%)
Eaux de surface	Grands Barrages	1,7	5
	Barrages Collinaires	35,5	92
Eaux Usées Traitées		1,3	3
Total		38,5	100

La recharge nécessite de longs transferts et donc représente un coût important.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

L'objectif de cette alternative consiste à suppléer la recharge naturelle pour augmenter le volume d'eau ensuite exploitable pour les différents usages et permettre le développement socio-économique des régions vivants sous un stress hydrique. Elle peut également contribuer à restaurer l'équilibre d'une nappe surexploitée[39].

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture et/ou la recharge des nappes, figure parmi les orientations de la stratégie nationale démobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra- et inter-annuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC. Le stockage souterrain des EUT est une forme de valorisation des eaux usées traitées, permet d'augmenter les ressources pour l'agriculture et réduit la salinisation des eaux souterraines menacées.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le projet d'un cout global de 70 MDT sera mis en œuvre sur une durée de 6 ans sous la responsabilité du MARHP à travers la DGRE et la DGGREE, la DGPA ainsi que les autres partenaires comme la DHMPE, l'ANPE le CITET.

[39] AFD et BRL, 2011. Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action

Technologie 3 : Système d'Alerte Précoce (SAP) pour la Gestion des crues

A.1 Introduction

La Medjerda occupe une place importante pour un ensemble de raisons physiques. En effet, La Medjerda est le cours d'eau le plus important de la Tunisie. Il est doté d'un bassin versant d'une superficie totale de 23 500 km2 dont 15.930 km2 se trouvent en Tunisie, soit 9,7% de la surface du pays. Ses apports annuels représentent en moyenne la moitié des ressources en eau de surface de la Tunisie (915 Millions de m3). En plus, le bassin de la Medjerda couvre 5 gouvernorats (Jendouba, Béja, le Kef, Siliana et Manouba), il abrite une population de 1,4 millions d'habitants (13,2% de la population totale) dont 1 million d'habitants en milieu rural. Il est équipé de 9 barrages avec une capacité de stockage de 1,4 milliards de m3 et une production hydro-électrique de 89 MKW/an. De ce fait, La Medjerda détient les 2/3 des eaux mobilisables de la Tunisie.

La Medjerda se décompose en trois grandes entités hydrologiques: i) la haute vallée de la Medjerda (10 230 km2), la moyenne vallée de la Medjerda (3610 km2) et la basse vallée de la Medjerda (1840 km2). Chacune de ces entités hydrologiques présentent des caractéristiques particulières ainsi que des spécificités liées à leurs vulnérabilités. La haute vallée présente la vulnérabilité la plus importante.

Ci-dessous les principales crues enregistrées dans la région.

Date	Région Touchée	Type de Crue	Dégâts enregistrés
Février 2012	Vallée de la Medjerda et Mateur (Bizerte)	Crue Lente	
Septembre 2011	Nord du pays, Zaghouan et la Basse vallée de la Medjerda	Crue lente	3 morts ; énormes pertes dans le secteur agricole ; 30 millions DT
Janvier-Février 2003	Nord du pays, Vallée de la Medjerda et Grand Tunis	Crue lente avec plusieurs pics	42 Millions DT
Mai 2000	Plaine de Jendouba	Crue rapide	1170 sinistrés ; 3 Millions de DT
Mars 1979	Médenine (Sud du pays)	Crue brève	Destruction de 890 logements ; perte de 7600 têtes d'ovins et carins
Mars 1973	Nord du pays- surtout sur le Bassin de Medjerda	Crue lente	300 morts ; énormes dégâts
Automne 1969	Tout le pays-surtout la Tunisie centrale	Crue lente	542 morts ; 300000 sinistrés ; pertes économiques estimés à 35 millions de DT

Compte tenu de l'historique des inondations dans le bassin versant de la Medjerda et des dégâts et pertes enregistrées (cf. tableau ci-dessous), l'objectif de du système d'alerte précoce des crues serait double :

- d'une part, protéger la ville de BouSallem
- et d'autre part, réguler le fonctionnement du Barrage Sidi Salem, le plus important de la Tunisie, et ce moyennant la mise en place d'un SAP localisé au niveau de la haute vallée de la Medjerda permettant de fournir l'information nécessaire pour anticiper les crues de la Medjerda et par suite de réduire le risque inondation sur toute la vallée de la Medjerda.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La technologie comprend quatre grands volets :

1. **Le renforcement de l'observation**

- ✓ Densification du Réseau d'Observation pluviométrique
- ✓ Migrer d'une maintenance préventive à une maintenance curative
- ✓ Observation satellitaire
- ✓ Observation radar
- ✓ Observation hydrologique & hydraulique
- ✓ Collecte et transmission des données

2. **La prévision**

- ✓ Prévision météorologique (le passage du modèle ALADIN-Tunisie (résolution de 12,5 km) au modèle AROME (résolution de 2,5 km) , le renforcement des moyens de calcul, un programme de renforcement des capacités et le développement d'une carte de vigilance « météorologique »
- ✓ Prévision hydrologique & hydraulique (installation et mise en opérationnel un modèle de prévision hydrologique ainsi qu'un modèle hydraulique pour le barrage de Sidi Salem, acquisition des moyens de calcul, un programme de renforcement des capacités et le développement d'une carte de vigilance « crues »

3. **La transmission et l'alerte**

- ✓ Diffusion de l'alerte au niveau des régions
- ✓ Information du grand public
- ✓ Standardisation des seuils de vigilance, de pré-alerte et d'alerte

4. **La gestion de crise**

- ✓ Renforcement des capacités des régions
- ✓ Assurer les actions préventives au niveau de chaque gouvernorat.
- ✓ Amélioration de la coordination entre gouvernorats

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Ce système d'alerte sera le premier à mettre en place et sera suivi par celui de la moyenne vallée de la Medjerda ainsi qu'un système d'alerte précoce pour la ville de Sfax.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

Il existe différents outils d'observation, de prévision, d'alerte et de gestion de grise qui demeurent incomplets et insuffisants pour une gestion efficace des risques liés aux inondations. Différentes lacunes et manquement ont été signalés que seul un SAP pourra combler.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

La mise en place du SAP crues pour la haute vallée de la Medjerda permet d'atténuer les impacts négatifs des crues et les pertes colossales enregistrées. Il permettra aussi une meilleure collaboration avec l'Algérie, une meilleure gestion de la crise si jamais les crues ne pourront pas être atténuées par des actions anticipées.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Selon les travaux de l'INM et ceux de l'étude de la stratégie nationale d'adaptation du secteur agricole t des écosystèmes au CC, une augmentation de la fréquence des extrêmes est signalée. L'historique des inondations est une preuve tangible des effets prévisibles du CC. La mise en place d'un système d'alerte précoce efficace pour la gestion des crues devrait permettre d'atténuer les risques encourus par la population, l'infrastructure et par l'activité agricole.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le cout du SAP est estimé à 10 MDT en terme d'investissement avec un cout supplémentaire d'opérationnalisation et de maintenance d'environ 10% par an. Le cout de réplication serait de 9 MDT pour la moyenne vallée de la Medjerda et de 8 MDT pour la ville de Sfax.

Technologie 4 : Economie d'eau : Réseau d'eau potable intelligent

A.1 Introduction

La Tunisie est un pays aride et l'un des plus pauvres en eau par habitant de la planète. En effet, la disponibilité en eau, par habitant et par an, est de 385 m^3 qui est inférieur au seuil de pauvreté hydrique de 500 m^3.

Ce chiffre alarmant devrait, selon les études, s'amenuiser considérablement en 2030 en vue de l'augmentation de la population et des changements climatiques, en avoisinant les 350 m^3/personne/an.

La Tunisie est caractérisée par des précipitations variables dans le temps et dans l'espace et est marquée aussi par une importante disparité de la disponibilité en eau entre les régions du Nord et du Sud, puisque 80% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord du pays, alors que les eaux du Sud sont saumâtres et partiellement renouvelables.

L'eau potable (18% des besoins en eaux en Tunisie) représente aussi une base pour le développement socio-économique en Tunisie. Cependant son traitement et sa distribution nécessitent de grandes quantités d'énergie situant la SONEDE comme le plus gros consommateur d'énergie en Tunisie et engendrant un prix de revient de l'eau élevé. En effet les ressources en eau potable et de bonne qualité sont situées principalement dans le nord et à l'intérieur du pays, alors que les principaux centres de consommation se trouvent sur le littoral, d'où la nécessité de transporter l'eau sur de longues distances. De plus il est indispensable de dessaler l'eau non conventionnelle (eau saumâtres, eaux de mer) pour palier à la pénurie d'eau dans les régions du Sud Tunisien.

Pour répondre aux enjeux liés à l'eau dans le futur, une gestion rationnelle et plus intelligente de cette ressource est cruciale à travers des réseaux d'eau intelligents. L'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les réseaux d'eau permet de les rendre communicants et offre aux gestionnaires une connaissance approfondie et une meilleure maîtrise de leurs infrastructures afin de contrôler et diagnostiquer les problèmes, de prioriser et gérer, en continu et à distance, les opérations de maintenance et d'utiliser les données fournies pour optimiser tous les aspects de la performance des réseaux de distribution d'eau, et de permette aux abonnés de maîtriser leurs consommations d'eau.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Un réseau d'eau intelligent comprend un ensemble de solutions et de systèmes utilisant des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Les réseaux d'eau intelligents se composent de deux couches :

- le « Smart Metering » : qui concerne le micro-comptage (comptage chez les abonnés) moyennant les nouvelles infrastructures de comptage intelligentes se basant sur l'installation de compteurs abonnés intelligents connectés à un système centralisé assurant permettant de connaître à distance la consommation de chaque abonné, d'être informé des anomalies sur le réseau, d'optimiser la gestion de la ressource et de proposer de nouveaux services. A cet effet, chaque compteur est équipé d'un module radio alimenté par une batterie intégrée. Celui-ci émet des trames contenant le volume d'eau consommé et des alertes à un réseau d'antennes. Les données sont ensuite envoyées vers un logiciel de supervision qui agrège les informations et propose des outils d'analyse.
- le « Smart Pipe » : qui concerne le macro-comptage et la gestion des réseaux, faisant référence à la nature communicante des réseaux d'eau (capteurs de pression, débitmètres,….pour détecter d'éventuelles fuites et optimiser le fonctionnement des réseaux…).

Le réseau d'eau intelligent comprenant des moyens de mesure intelligents (compteurs d'eau intelligents, capteurs de pression, débitmètres,…) qui sont couplés à des outils d'aide à la décision à travers des moyens de communications, permettra:

- de surveiller le réseau en temps réel et à distance et de diagnostiquer les problèmes, de prioriser et de gérer préventivement les questions de maintenance et de contrôler et d'optimiser à distance tous les aspects du réseau de distribution d'eau en utilisant les données issues du réseau (modulation de pression pour réduire les pertes en eau, mesure de débits pour anticiper les fuites, etc.);
- d'améliorer les interventions : à travers une bonne sectorisation du réseau d'eau et par les informations utiles permettant de détecter plus rapidement les fuites et donc d'améliorer les

rendements de réseau, etc. C'est aussi, à terme, la possibilité de détecter à distance des manœuvres frauduleuses sur le réseau d'eau potable.

- d'optimisation de la gestion des abonnés (relève des compteurs à distance, facturation au réel des consommations d'eau même lorsque les compteurs sont inaccessibles, développement du système de tarification, etc.),
- D'ouvrir de nouvelles perspectives pour une meilleure gestion des ressources d'eau et proposent des services innovants pouvant contribuer à assurer la transparence et la qualité de l'information à l'usager.
- De construire une base de données sur l'usage et le fonctionnement des réseaux qui sera très utile pour les études d'amélioration de la qualité de service (meilleure information, rapidité de dépannage) et des performances des réseaux.
- D'optimiser la consommation d'énergie pour la production et la distribution d'eau : cette fonction s'appelle le « Smart Water Energy » : Il s'agit de développer une meilleure connaissance en temps réel du comportement des stations de production d'eau, des réseaux d'eau, des stations de pompage, et de développer la modélisation et la prévision. Il s'agit également de travailler sur les profils de consommation d'électricité des infrastructures d'eau tenant compte des flexibilités relatives des réseaux d'eau; afin d'acheter l'électricité au moment où elle est la moins chère et de contribuer à l'écrêtement des pointes électriques nationales.

Cette technologie permettra aussi de renforcer la capacité des abonnés à mieux suivre leurs consommations et d'optimiser l'usage de l'eau en leurs fournissant les informations et les outils dont ils ont besoin pour faire des choix éclairés sur leur comportement de consommation et sur leurs usages de l'eau (alertes en temps réel de la consommation en eau, possibilité de comparaison, optimisation des consommations au sein de l'habitation, etc.).

Cinq couches interconnectées de fonctionnalités sont nécessaires pour un réseau d'eau intelligent efficace :

1. Les appareils de mesure et de détection, comme les compteurs d'eau intelligents, les capteurs de pression et les débitmètres sont les outils physiques sur le réseau de distribution d'eau qui collectent les données sur les débits d'eau, la pression, la qualité et l'ensemble des autres paramètres déterminants. Cette couche de base inclut les capteurs qui peuvent aider à détecter de potentielles fuites et anomalies sur le réseau. L'ensemble de ces appareils permet d'améliorer la connaissance de l'état physique des réseaux, via le recueil de données très concrètes.
2. Les canaux de communication permettent aux distributeurs de rassembler de façon automatique et continue les données des appareils de mesure et de détection.
3. Les logiciels de gestion des données permettent aux distributeurs de collecter les données et de présenter une vue agrégée à travers des outils de visualisation du réseau, des systèmes d'information géographique (SIG), des tableaux de bord, etc. Cette couche comprend aussi des bases de données, des systèmes de sécurité informatique et des outils de soutien aux fonctions économiques (par exemple, systèmes d'information des consommateurs).
4. Les logiciels d'analyse et de modélisation des données en temps réel permettent aux distributeurs de pouvoir exploiter les données issues du réseau. Cette couche est la source centrale de valeur économique des réseaux d'eau intelligents pour les distributeurs. Les tableaux de bord dynamiques permettent aux opérateurs de surveiller le réseau de distribution en temps réel pour les risques ou pour les anomalies avérées. En même temps, les outils de modélisation du réseau peuvent aider les opérateurs à comprendre les impacts potentiels d'un changement dans le réseau et à analyser les différentes réponses. Les algorithmes des modèles de détection peuvent avoir recours aux données historiques pour aider à distinguer les fausses alertes des véritables problèmes. Les analyses prédictives permettent aux opérateurs de considérer différents scénarios possibles et de répondre de façon proactive et efficace.
5. Les outils de contrôle et d'automatisation permettent aux distributeurs de mettre en œuvre à distance et automatiquement les tâches de gestion du réseau. Cette couche fournit des outils qui s'interfacent avec les logiciels d'analyse et de modélisation des données en temps réel. Les systèmes d'information géographique, les systèmes d'informations client, peuvent être intégrés aux réseaux d'eau intelligents pour augmenter davantage leur contrôle sur le système de distribution.

La responsabilité du projet sera assurée par la SONEDE. Sa mise en œuvre sera assurée par les entreprises privées à travers des appels d'offres.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques dans le pays

Cette technologie est applicable à tous les branchements de la SONEDE (2,6 millions de compteurs d'eau) et en particulier aux gros consommateurs et pour les habitations concentrées.

Les zones prioritaires pour ce projet sont de trois types :

- ✓ Les zones touristiques ;
- ✓ Les zones industrielles ;
- ✓ Les immeubles des grandes zones résidentielles.

Le potentiel des réseaux d'eau intelligents réside dans le fait qu'ils sont efficaces dans les milieux urbains et ruraux et permettront de réaliser des économies d'eau significatives et ainsi de préserver les ressources en eau. Un autre potentiel concerne l'utilisation de cette technologie dans les systèmes d'irrigation permettant ainsi de réaliser des économies d'eau considérable et donnant des informations utiles pouvant optimiser l'irrigation.

L'évaluation de ce projet sera mesurée moyennant les indicateurs suivants :

- ✓ Le rendement du réseau d'eau potable;
- ✓ La consommation spécifique d'eau par type d'utilisation;
- ✓ La quantité d'eau économisée par an ;
- ✓ Le taux de couverture du projet ;
- ✓ autre.

A.4 Statut de la technologie dans le pays et dans le monde

Un réseau d'eau potable intelligent comprend deux niveaux :

- le « smart pipe » : dont les fonctions principales concernent le macro-comptage et la gestion des réseaux d'adductions et de distributions : ce type d'installation existe dans quelques réseaux de la SONEDE (réseau de production du sud est Tunisien, réseau du kef ville, réseau de la ville de Béja, réseau d'adductions du kairouannais)
- le « smart grid » : qui concerne le micro-comptage (comptage chez les abonnés) à travers l'installation de compteurs abonnés intelligents ne sont pas utilisés dans la SONEDE. Cependant deux expériences précédentes ont eu lieu avec l'installation d'une dizaine de compteurs intelligents aux districts d'Ezzahra et d'El Manar et qui ont données des résultats satisfaisants.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Les distributeurs d'eau sont de plus en plus soumis à la pression des gouvernements et consommateurs pour utiliser au mieux cette ressource naturelle limitée. Pour ce faire, et afin d'améliorer le service à la clientèle ainsi que la fiabilité du réseau, ils sont à la recherche de solutions qui vont bien au-delà de la télé-relève des compteurs. Ils exigent des solutions de réseaux d'eau intelligents facilitatrices et réductrices des coûts de fonctionnement, tout en permettant de libérer le potentiel de croissance de leur activité. Cette technologie permettra, dans l'avenir, de développer de nouvelles applications d'optimisation des processus d'eau et de nouveaux services clientèles.

Cette technologie permettra aussi de renforcer la capacité des abonnés à mieux suivre leurs consommations et d'optimiser l'usage de l'eau en leurs fournissant les informations et les outils dont ils ont besoin pour faire des choix éclairés sur leur comportement de consommation et sur leurs usages de l'eau (alertes en temps réel de la consommation en eau, possibilité de comparaison, optimisation des consommations au sein de l'habitation, etc.).

Beaucoup d'emplois peuvent être engendrés par la mise en place des réseaux d'eau intelligents dans les domaines de l'installation, de la supervision de l'entretien et éventuellement dans la fabrication de certains équipements.

Un réseau d'eau intelligent constitue une véritable technologie verte puisqu'elle permet à travers l'économie d'eau et la gestion intelligente du pompage d'eau de rendre plus efficace la consommation d'énergie des systèmes d'eau.

Les études montrent qu'économiser l'eau plutôt que d'en développer de nouvelles sources est bien souvent la meilleure solution à la fois sur un plan économique qu'environnemental.

Les avantages associés au développement des réseaux d'eau intelligents sont nombreux, ce qui explique leur montée en puissance progressive à l'échelle internationale. Le cabinet d'études américain Pike Research prévoit que 800 millions de compteurs intelligents seront installés dans le monde d'ici à 2018.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'amélioration des performances des réseaux d'eau potable et la rationalisation de la consommation des abonnés permettent d'économiser l'eau et à préserver les ressources en eau et contribuent donc à une meilleure adaptation aux changements climatiques.

Dans les systèmes d'irrigations cette technologie permettra, en plus des économies d'eau réalisées, de construire une base d'informations utiles pouvant optimiser l'irrigation et améliorer les cultures.

A.7 Exigences et coûts Financiers

La mise en place de la technologie en Tunisie sera effectuée progressivement compte tenu du nombre important des clients concernés et de l'immensité du réseau d'eau potable (pour l'eau potable, la SONEDE compte de 2,5 millions d'abonnés et 50000 km de conduites).

Le déploiement de cette technologie sera effectué à travers un projets pilote dans la zone touristique de Jerba (coût de l'eau potable le plus élevé en Tunisie, ressources d'eau conventionnelles très limitées, dessalement de l'eau de mer très coûteux) et dans les immeubles de la zone résidentielle d'El Manar.

Le projet sera réalisé en trois phases :

- Phase études : Etude détaillée pour la mise en place d'un projet pilote dans la zone touristique de Jerba et dans les zones immeubles de la zone résidentielle d'El Manar.
- Réalisation du projet pilote : première étape concernera la zone touristique et les gros clients de l'ile. La deuxième étape concernera des branchements domestiques dans la région d'El manar.
- Formation pour les ingénieurs et les techniciens concernés de la SONEDE avec des visites d'études à l'étranger pour voir des expériences réussies.

La réalisation de ce projet est tributaire de la disponibilité des financements qui sont évalués à 6 millions de DT. La durée de mise en œuvre du projet sera de 5 années.

Technologie 5 : Dessalement d'eau de mer à Kerkennah

A.1 Introduction

La Tunisie est un pays aride et l'un des plus pauvres en eau par habitant de la planète. En effet, la disponibilité en eau, par habitant et par an, est de 385 m^3 qui est inférieur au seuil de pauvreté hydrique de 500 m^3.

Ce chiffre alarmant devrait, selon les études, s'amenuiser considérablement en 2030 en vue de l'augmentation de la population et des changements climatiques, en avoisinant les 350 m^3/personne/an.

La Tunisie est caractérisée par des précipitations variables dans le temps et dans l'espace et est marquée aussi par une importante disparité de la disponibilité en eau entre les régions du Nord et du Sud, puisque 80% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord du pays, alors que les eaux du Centre et Sud sont saumâtres et partiellement renouvelables.

L'eau potable (18% des besoins en eaux en Tunisie) représente aussi une base pour le développement socio-économique en Tunisie. Cependant son traitement et sa distribution nécessitent de grandes quantités d'énergie situant la SONEDE comme le plus gros consommateur d'énergie en Tunisie et engendrant un prix de revient de l'eau élevé. En effet les ressources en eau potable et de bonne qualité sont situées principalement dans le nord et à l'intérieur du pays, alors que les principaux centres de consommation se trouvent sur le littoral, d'où la nécessité de transporter l'eau sur de longues distances. De plus il est indispensable de dessaler l'eau non conventionnelle (eau saumâtres, eaux de mer) pour palier à la pénurie d'eau dans les régions du Centre et Sud Tunisien.

Afin de préserver l'équilibre entre l'offre et la demande en eau, lié à la rareté l'eau dans le futur, et faire face aux perspectives des coûts énergétiques importants et qui pèsent de plus en plus sur le prix de revient de l'eau, il est nécessaire de recourir à des technologies de dessalement des eaux saumâtres et des eaux de mer plus performantes (taux de conversion plus élevé, consommation spécifique d'énergie réduite, dommages environnementaux diminués.) tout en intégrant les énergies renouvelables (solaire, éolien et éventuellement la petite géothermie dans le Centre et Sud).

La technologie décrite dans cette fiche sera appliquée à la station de dessalement d'eau de mer projetée dans l'archipel de Kerkennah.

La production d'eau potable à Kerkennah est assurée actuellement par une station de dessalement d'eau saumâtre à Ramla de capacité 3300 m3/j. Cependant l'archipel connaîtra dans le futur proche une problématique aigue de disponibilité des ressources d'eau en quantité et qualité.

La technologie proposée consiste se doter d'une nouvelle station de dessalement d'eau de mer ce qui permettra de renforcer les ressources en eau des îles de Kerkennah jusqu'à l'échéance 2035 ainsi que d'améliorer la qualité de l'eau desservie.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Parmi toutes les technologies de dessalement, l'osmose inverse (OI) a démontré l'efficacité énergétique électrique la plus élevée. Toutefois, le coût énergétique représente environ 40% du coût total de l'eau dessalée par osmose inverse.

Du point de vue énergétique et environnemental, les sources d'énergie renouvelables sont propres et peu coûteuses et elles sont nécessaires pour fournir une solution économique au dessalement. Une combinaison des sources d'énergie renouvelable et de la technologie du dessalement pourrait offrir une source durable d'eau potable. La Tunisie dispose d'un potentiel technique et économique des ressources d'énergie renouvelable pour la production d'électricité en particulier l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Ces ressources sont souvent concentrées localement et ne sont pas disponibles partout, mais elles peuvent être distribuées par le réseau électrique pour répondre à la demande croissante d'énergie.

L'énergie éolienne étant la source d'énergie renouvelable la plus économique, ainsi c'est une option souhaitable pour l'intégration avec des technologies de dessalement. Les études des ressources éoliennes par l'ANME durant les dernières années démontrent que les conditions climatiques en Tunisie sont favorables pour l'utilisation de l'énergie éolienne.

Le système visé concerne une station de dessalement performante et intégrant l'énergie éolienne et qui comprend essentiellement les technologies suivantes :

- des modules d'osmose inverse de nouvelle génération caractérisés par un taux de conversion plus élevé et une consommation spécifique d'énergie plus basse
- Un système de récupération directe de l'énergie du concentrât par échangeurs de pression permettant d'améliorer les performances énergétiques du processus d'osmose inverse (exemple : ERI, DWEER,…)
- Un système de récupération indirecte de l'énergie du concentrât par turbo-pompe ou par turbine Pelton permettant d'améliorer les performances énergétiques du processus d'osmose inverse
- un parc de production d'électricité éolienne

La responsabilité du projet sera assurée par la SONEDE. Sa mise en œuvre sera assurée par les entreprises privées à travers des appels d'offres.

Les Partenaires institutionnels sont la STEG, l'ANPE, l'APAL et l'ANME.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques dans le pays

Dans le futur beaucoup de stations de dessalement seront installées en Tunisie auxquelles peuvent être appliquée cette technologie.

L'évaluation de ce projet sera mesurée moyennant les indicateurs suivants :

- ✓ Salinité de l'eau dessalée,
- ✓ Taux de conversion,
- ✓ Consommation en énergie électrique par m^3 (kwh/m^3),
- ✓ taux d'intégration des énergies renouvelables

A.4 Statut de la technologie dans le pays et dans le monde

La technologie proposée concerne un dessalement de l'eau de mer plus performant et intégrant l'énergie éolienne.

La SONEDE a opté pour le processus de dessalement par l'osmose inverse depuis 30 années et elle suit en continue les améliorations de ce processus. La SONEDE a aussi intégré le photovoltaïque dans la station de dessalement des eaux saumâtres de Ben guerdane dans le Sud Tunisien.

Cependant le prix de revient de l'eau produite par le processus de dessalement par osmose inverse est très important, nécessitant en plus de l'utilisation de membranes plus performantes, l'intégration de l'énergie éolienne dont le coût de production de l'électricité est significativement inférieur à l'électricité photovoltaïque. A cet effet la Tunisie dispose déjà d'une expérience dans le domaine éolien avec deux parcs construits par la STEG à Haouaria et à Bizerte.

Au niveau international, beaucoup de stations de dessalement d'eau de mer intègrent des technologies très performantes de dessalements par osmose inverse et aussi l'énergie éolienne.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Le projet permet de combler le déficit en ressource en eau à partir de l'eau de mer par l'utilisation de l'énergie renouvelable ainsi que le soulagement des ressources souterraines qui seront utilisées uniquement pour le mélange. Il contribue donc à une meilleure adaptation aux changements climatiques.

Aussi la disponibilité de l'eau en quantité et qualité durable permettra d'améliorer le confort de vie de la population locale.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'amélioration des performances énergétiques et l'intégration des énergies renouvelables sont en relation avec la nécessité d'amélioration du taux de conversion. En effet dans les systèmes de dessalement classique l'augmentation du taux de conversion implique des contraintes technologiques et nécessite l'augmentation des besoins énergétiques. Ce projet permettra de réduire la contrainte d'électrification et de la disponibilité des ressources en eau de bonnes qualités dans des zones relativement isolées ou éloignées (la problématique des îles et certaines régions du Sud Tunisiens)

Il est à signaler que les îles de Kerkennah sont concernées par le nouveau label international de gestion durable des petites îles « îles durables » et spécialement sur les problématiques de gestion des ressources et des impacts du changement climatique.

Le projet permettra de contribuer dans les stratégies nationales concernant la préservation des ressources hydriques, la maîtrise d'énergie et la promotion des énergies renouvelables.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le projet sera réalisé en trois phases :

- Phase études : Etude détaillée pour la mise en place du projet de la station de dessalement performant à l'ile de kerkennah en intégrant l'énergie éolienne.
- Réalisation d'un projet pilote situé au niveau de l'ile de Kerkennah et concernera une station de dessalement performante d'eau de mer (6000m^3/jour) en intégrant l'énergie éolienne.
- Formation pour les ingénieurs et les techniciens concernés de la SONEDE avec des visites d'études à l'étranger pour voir des expériences réussies.

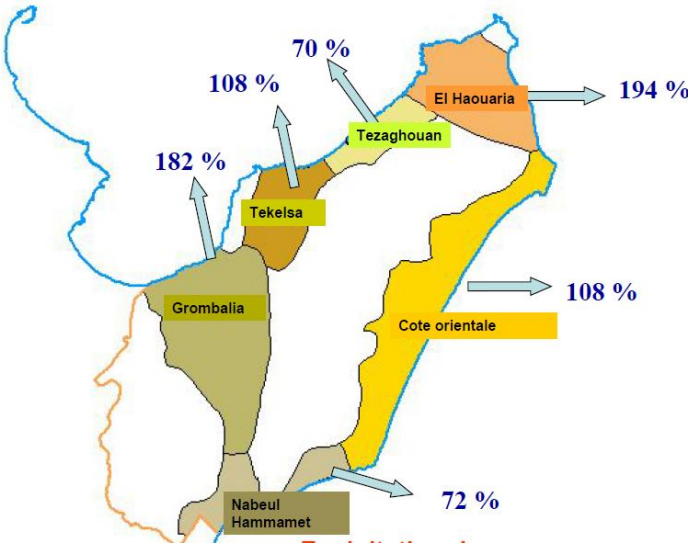
La réalisation de ce projet est tributaire de la disponibilité des financements qui sont évalués à 40 millions de DT. La durée de mise en œuvre du projet sera de 4 années.

Technologie 6 : Recharge de nappe de Grombalia

A.1 Introduction

La Cap Bon joue un rôle important dans l'économie agricole Tunisienne. En effet, à lui seul, le Cap Bon participe à hauteur de 16% dans la production agricole nationale. L'agriculture irriguée consomme la majeure partie des ressources estimées à 380 Mm^3 dont 90 Mm^3 en provenance des eaux du Nord, 70 Mm^3 des barrages et 214 Mm^3 des nappes et 5 Mm^3 d'eau usée traitée. La forte sollicitation des nappes a engendrée une surexploitation globale de ces ressources de 133% (286 Mm^3 exploitées). La surexploitation de la nappe de Grombalia est plus qu'alarmante avec un taux de 192% (figure ci-dessous) ce qui est à l'origine d'une forte dégradation de la qualité et des risques d'intrusions marines renforcées par l'effet de l'élévation accélérée du niveau de la mer du au changement climatique. En fait le projet d'extension de la zone de sauvegarde des agrumes du Cap Bon vise l'augmentation de la production nationale des agrumes pour répondre à la demande croissante des marchés locaux n'a pas été sans risque sur les ressources souterraines. De ce fait, la recharge de nappe compte parmi les priorités du gouvernorat.

Afin de réduire les risques ci-dessus mentionnés et assurer la durabilité de la production des agrumes, la recharge de la nappe de Grombalia constitue un projet d'envergure pour la Cap Bon.



Etat d'exploitation des nappes souterraines du Cap Bon.

La technologie ci-dessous présentée devrait assurer la recharge de la nappe avec un volume de 18,4 Mm3 par an

A.2 Caractéristiques de la technologie

Les caractéristiques du réseau de transfert comprend 30 km de conduite et deux stations de pompage l'une au niveau de la station d'épuration Sud Meliane et la 2eme en tant que station de reprise. Le projet comprend aussi :

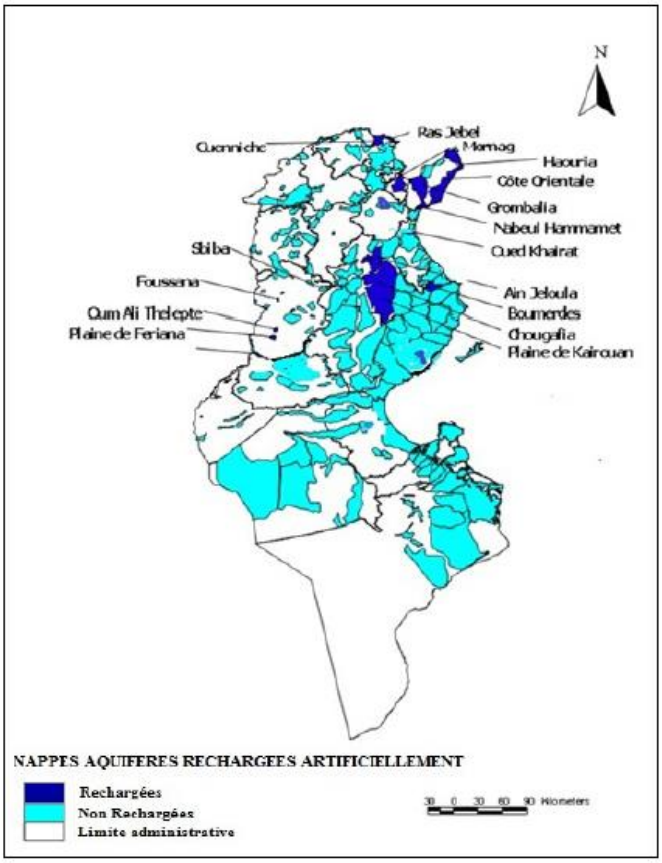
- Réalisation du réseau de transfert sur une longueur de 30 km
- Réalisation d'un programme de monitoring et d'alerte pour le projet de recharge ;
- La mise en place d'une unité de gestion environnementale du projet ;
- La filtration sur sable à l'amont de chaque site de recharge ;
- L'installation de piézomètres de suivi des eaux des nappes rechargées.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

La réutilisation des eaux usées (EUT) est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est, par exemple, très développée aux Etats-Unis, mais aussi en Asie et dans les pays du Golfe Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du Monde où la réutilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus pratiquée. Elle est largement systématisée en Israël. Le Chypre a même une politique nationale de réutilisation. L'Espagne et l'Italie sont les deux pays européens dans lesquels la réutilisation se développe le plus rapidement, soit sous la forme de réalisations nouvelles soit par la mise en conformité de pratiques anciennes fort répandues qui consistaient tout simplement à irriguer avec des eaux usées non traitées.

La recharge de nappe par les EUT La Tunisie a développé une stratégie nationale pour la recharge de nappe qu'elle est entrain de mettre en œuvre. La disponibilité de l'eau est souvent le frein à la mise en œuvre. Le coût de transfert est également une contrainte majeure.

La carte suivante fournit l'étendu du besoin de recharge dans tout le pays.



Plan de situation des nappes rechargées artificiellement

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante à comparer avec celle de l'utilisation des eaux conventionnelles. Cette pratique est utile, dans la mesure où elle permettrait de faire vouloir la fonction "réservoir" de l'aquifère, de régénérer des réserves de l'aquifère fortement sollicité et de préserver de nombreuses nappes phréatiques côtières contre la surexploitation et surtout les intrusions salines.

Depuis 1985, un important projet pilote de recharge de nappes phréatiques par les EUT a été conduit dans la région de Nabeul (l'oued Souhil).

Selon les sources de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), actuellement un projet de recharge de la nappe de la côte orientale (région de Korba) est en cours de réalisation.

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est très faible. En effet, le volume des EUT ne représente que 3% du volume total de recharge (tableau ci-dessous).

Contribution des différentes sources pour la recharge artificielle (DGRE, 2011)

Source d'alimentation		Volume Rechargé (Mm^3)	Taux de Recharge (%)
Eaux de surface	Grands Barrages	1,7	5
	Barrages Collinaires	35,5	92
Eaux Usées Traitées		1,3	3
Total		38,5	100

La recharge nécessite de longs transferts et donc représente un coût important.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

L'objectif de cette alternative consiste à suppléer la recharge naturelle pour augmenter le volume d'eau ensuite exploitable pour les différents usages et permettre le développement socio-économique des régions vivants sous un stress hydrique. Elle peut également contribuer à restaurer l'équilibre d'une nappe surexploitée[40].

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture et/ou la recharge des nappes, figure parmi les orientations de la stratégie nationale démobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra- et inter-annuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC. Le stockage souterrain des EUT est une forme de valorisation des eaux usées traitées, permet d'augmenter les ressources pour l'agriculture et réduit la salinisation des eaux souterraines menacées.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le projet sera exécutée par le MARHP à travers les directions générales : DGRE, DGGREE, GDAP le CRDA de Nabeul avec l'appui du Ministère de la santé publique (DHMPE), le Ministère de l'environnement (ANPE, CITET et APAL). La durée du projet est estimée à 4 ans avec un cout global de 25 MDT.

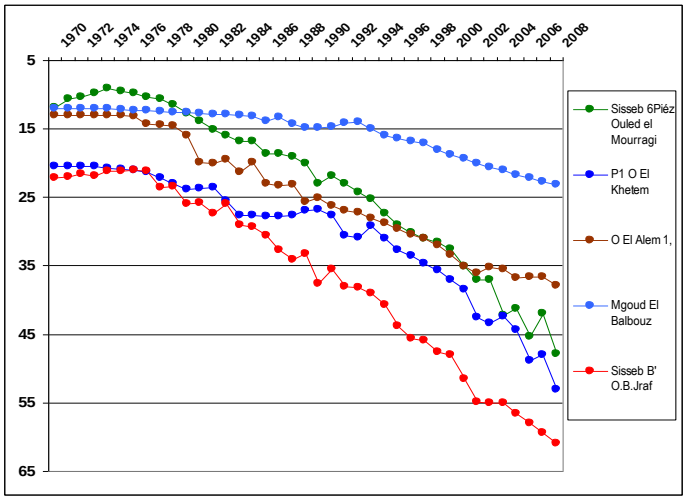
[40] AFD et BRL, 2011. Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action

Technologie 7 : Recharge de nappe de Sisseb El Alem

A.1 Introduction

Le système aquifère de Kairouan était traditionnellement alimenté par infiltration des crues des oueds Zéroud et Merguellil pour des apports estimés à 52 Mm^3/an en moyenne. La construction des barrages de Sidi Sâad sur l'oued Zéroud et d'El Houareb sur le Merguellil a privé l'aquifère de cette alimentation naturelle. Les premières opérations de recharge ont été réalisées en 1988, par lâchures de crues artificielles dans le lit des oueds à partir des barrages. La recharge de Kairouan correspond à la restauration d'une situation antérieure d'équilibre naturel. Les lâchers sont effectués directement à l'aval des barrages, ou encore à partir de la conduite de Sidi Salah qui permet de transférer un débit de 1 m3/s du barrage de Sidi Saâd directement dans la zone d'alimentation de la nappe: ce débit s'infiltre sur un parcours de 8 km dans la plaine (Nazoumou, 2002). Le suivi des ondes lâchées et de leur amortissement le long des lits est assuré par des jaugeages de débits au niveau de stations de contrôle sur le lit des oueds. Le réseau du Merguellil est complété par un site de mesures du débit des "émergences". Sept campagnes de recharge artificielle ont été réalisées entre 1988 et 1997, dont une seule sur le Merguellil.

Sur le secteur Nadhour-Sisseb-El Alem, la surveillance piézométrique a démarré un peu plus tard, et s'est installée en un véritable réseau, certes beaucoup moins dense, dès le début des années 70, avec une fréquence biannuelle. Sur les piézomètres sélectionnés, la figure 3-5 indique un rabattement général de l'ordre de 40 m au Bled Sisseb, et de 20 à 25 m dans celui d'El Alem.



Evolutions piézométriques dans la Plaine de Sisseb El Alem

.

La baisse piézométrique dans ce secteur est alarmante d'où le besoin d'une recharge artificielle imminente.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La recharge de nappe permet la réutilisation et le stockage souterrain de 2,8 Mm3 d'EUT. Le système de transfert sera conçu pour alimenter ultérieurement un périmètre irrigué dans la zone NE de Kairouan d'une superficie de 10 500 ha pour un volume annuel de 42 Mm^3.

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture et/ou la recharge des nappes, figure parmi les orientations de la stratégie nationale démobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra- et interannuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC.

Le projet comprend :

- ✓ La réalisation du réseau de transfert sur 125 km
- ✓ Réalisation d'un programme de monitoring et d'alerte pour le projet de recharge ;
- ✓ La mise en place d'une unité de gestion environnementale pour le projet ;
- ✓ La filtration sur sable à l'amont de chaque site de recharge
- ✓ L'installation de piézomètres de suivi des eaux des nappes rechargées et sous périmètres irrigués.

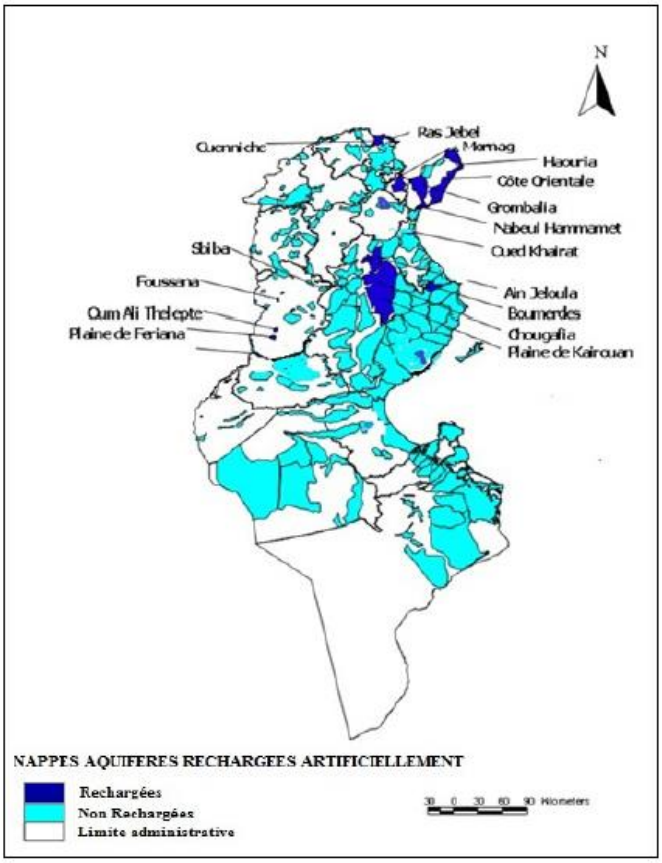
Situation de la nappe de Sisseb El Alem

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

La réutilisation des eaux usées (EUT) est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est, par exemple, très développée aux Etats-Unis, mais aussi en Asie et dans les pays du Golfe Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du Monde où la réutilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus pratiquée. Elle est largement systématisée en Israël. Le Chypre a même une politique nationale de réutilisation. L'Espagne et l'Italie sont les deux pays européens dans lesquels la réutilisation se développe le plus rapidement, soit sous la forme de réalisations nouvelles soit par la mise en conformité de pratiques anciennes fort répandues qui consistaient tout simplement à irriguer avec des eaux usées non traitées.

La recharge de nappe par les EUT La Tunisie a développé une stratégie nationale pour la recharge de nappe qu'elle est entrain de mettre en œuvre. La disponibilité de l'eau est souvent le frein à la mise en œuvre. Le coût de transfert est également une contrainte majeure.

La carte suivante fournit l'étendu du besoin de recharge dans tout le pays.



Plan de situation des nappes rechargées artificiellement

A.4 Statut de la technologie dans le pays

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante La recharge des nappes par les eaux usées traitées est une pratique peu courante à comparer avec celle de l'utilisation des eaux conventionnelles. Cette pratique est utile, dans la mesure où elle permettrait de faire vouloir la fonction "réservoir" de l'aquifère, de régénérer des réserves de l'aquifère fortement sollicité et de préserver de nombreuses nappes phréatiques côtières contre la surexploitation et surtout les intrusions salines.

Depuis 1985, un important projet pilote de recharge de nappes phréatiques par les EUT a été conduit dans la région de Nabeul (l'oued Souhil).

Selon les sources de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), actuellement un projet de recharge de la nappe de la côte orientale (région de Korba) est en cours de réalisation.

La recharge des nappes par les eaux usées traitées est très faible. En effet, le volume des EUT ne représente que 3% du volume total de recharge (tableau ci-dessous).

Contribution des différentes sources pour la recharge artificielle (DGRE, 2011)

Source d'alimentation		Volume Rechargé (Mm^3)	Taux de Recharge (%)
Eaux de surface	Grands Barrages	1,7	5
	Barrages Collinaires	35,5	92
Eaux Usées Traitées		1,3	3
Total		38,5	100

La recharge nécessite de longs transferts et donc représente un coût important.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

L'objectif de cette alternative consiste à suppléer la recharge naturelle pour augmenter le volume d'eau ensuite exploitable pour les différents usages et permettre le développement socio-économique des régions vivants sous un stress hydrique. Elle peut également contribuer à restaurer l'équilibre d'une nappe surexploitée[41].

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, dont la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture et/ou la recharge des nappes, figure parmi les orientations de la stratégie nationale démobilisation des ressources en eau. Même si ces eaux ne comptent que pour 5% des ressources disponibles, elles présentent l'avantage de la stabilité intra- et inter-annuelle par rapport à celles liées à la pluviométrie surtout dans le contexte du CC. Le stockage souterrain des EUT est une forme de valorisation des eaux usées traitées, permet d'augmenter les ressources pour l'agriculture et réduit la salinisation des eaux souterraines menacées.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le projet sera exécutée par le MARHP à travers les directions générales : DGRE, DGGREE, GDAP le CRDA de Nabeul avec l'appui du Ministère de la santé publique (DHMPE), le Ministère de l'environnement (ANPE, CITET et APAL). La durée du projet est estimée à 4 ans avec un cout global de 300 MDT, soit un coût d'environ 200 millimes le m3 rechargé.

[41] AFD et BRL, 2011. Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action

LES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DES ZONES COTIRES ET MARINE

Technologie 1 : Système d'indicateurs environnemental du littoral

A.1 Introduction

Les changements climatiques entraîneront une montée du niveau des mers, une aggravation des inondations et des submersions côtières et de l'intensité des tempêtes ainsi qu'une multiplication des conditions météorologiques sévères.

La montée du niveau des mers affectent les zones côtières de diverses manières .Elle a pour conséquence de submerger les zones humides et les basses terres telles que les cordons littoraux, elle aggrave les phénomènes épisodiques d'érosion des plages et des falaises, intensifie les inondations qui causent des dégâts considérables à la population, aux sols agricoles, aux écosystèmes côtiers, aux infrastructures côtières, aux bâtiments et aux activités économiques côtières.

L'Observatoire du littoral de l'APAL ne peut assurer pleinement et convenablement ses missions de suivi et d'alerte des impacts des effets du Changement Climatique qu'en se basant sur des informations actualisées.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Cette technologie consiste en l'utilisation des techniques innovantes pour l'exploitation des fonds images pour la délimitation du littoral, le suivi de l'environnement marin et la simulation de l'avancée de la mer par l'utilisation de logiciels performants permettant de traiter et d'exploiter des fonds multiformats et multidates afin d'aboutir à :

- La définition et délimitation du littoral tunisien
- La restitution et fourniture de l'occupation du sol du littoral délimité
- La mise en place le système des indicateurs de l'environnement littoral
- La simulation de l'avancée du niveau de la mer, les risques qui lui sont liés et les mesures à prendre en matière d'adaptation.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Le traitement des images aériennes, satellites, des orthophotos, images Lidar…. Est une technologie en pleine expansion en Tunisie aussi bien au niveau des institutions de l'état CNCT que des privés dont le nombre et les compétences ne cessent d'augmenter.

La mise place du système de calcul des indicateurs de l'environnement littoral a été initiée par l'APAL depuis quelques années mais l'expérience avec les indicateurs de l'environnement ont prouvé que l'expérience ne peut qu'aboutir.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

Bien qu'innovante, cette technologie a été expérimentée en Tunisie et elle a montré ses preuves dans beaucoup de zones et il devient urgent de la généraliser sur tout le littoral et pourquoi pas sur tout le territoire.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Les impacts en terme de développement économique, social et environnemental sont difficiles à chiffrer mais la connaissance des indicateurs pertinents permettent de choisir les investissements résilients au changement climatique au niveau du littoral ce qui réduits les couts de dégâts au niveau des populations les plus vulnérables. De même, la connaissance et le suivi des indicateurs permettent d'agir à temps pour protéger les services rendus par les écosystèmes littoraux.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

L'acquisition des fonds multiformats et multidates permet de mettre en place des indicateurs en matière de CC et aussi de suivre l'évolution du littoral tunisien et les écosystèmes littoraux afin de pouvoir quantifier avec précision les coûts de dégradation dus au CC. Ceci ne pourra être fait qu'après simulation précise de l'avancée

de la mer et identification à grande échelle des zones affectées pour finir par l'identification des mesures à prendre en matière d'adaptation.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le cout de cette technologie est estimé à 4 MDT réparti comme suit :

- Acquisition de fonds et traitement : 2,6 MD
- Définition et délimitation du littoral tunisien : 0,3 MD
- Restitution et fourniture de l'occupation du sol du littoral délimité : 0,3 MD
- Mettre en place le système des indicateurs de l'environnement littoral : 0,3MD
- Simulation de l'avancée du niveau de la mer, les risques qui lui sont liés et les mesures à prendre en matière d'adaptation : 0,5 MD

L'exploitation se fera en régie sur le budget de l'APAL.

La mise en place de cette technologie se fera sur quatre années selon le planning suivant :

- Acquisition de fonds et traitement : Année 1
- Définition et délimitation du littoral tunisien : Année 2
- Restitution et fourniture de l'occupation du sol du littoral délimité : Année 2
- Mettre en place le système des indicateurs de l'environnement littoral : Année 2, 3 et 4.
- Simulation de l'avancée du niveau de la mer, les risques qui lui sont liés et les mesures à prendre en matière d'adaptation : Année 3.

Les institutions concernées par la mise en œuvre sont : DGSAM, DGAT, DGEQV, DGDD, DGF, DG pêche, INSTM, INM, le Ministère de la défense à travers le CNCT.

Technologie 2 : Renforcement du Système d'aide à la décision du littoral

A.1 Introduction

Le Système d'information et d'aide à la décision (SIAD) du littoral de l'APAL est un dispositif d'information dynamique chargé de la mesure, de la collecte, du stockage, de la gestion, du traitement, de l'analyse, de l'interprétation et de la diffusion de l'information météo- océanographique et physico-chimique dans une optique de facilitation de la prise de décision en matière de surveillance, d'alerte et de protection du littoral tunisien.

Le SIAD du littoral et à travers son Système de collecte, de stockage et de traitement de données vise à assurer la pérennité des données météo-océanographiques et physico-chimiques mesurées et transmises en temps réel par satellite à l'Observatoire du Littoral de l'APAL à partir d'un réseau de mesure en mer et de transmission en temps réel composé de trois bouées fixes, quatre bouées mobiles et quatre marégraphes.

Le SIAD constitue une évolution radicale au niveau de l'activité opérationnelle principale de l'APAL.

La réussite du SIAD est tributaire d'une bonne coordination entre l'Observatoire du Littoral et les différents acteurs (OTEDD, INM, INSTM, SHO, Centres de recherches, DGSAM, etc.) afin qu'il y'ait un transfert d'informations, de données et de résultats dans les deux sens.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La technologie proposée comprend les quatre composantes comme suit :

Composante A : Renforcement du SIAD par : Acquisition des équipements de mesures, par l'intégration au sein du réseau de mesure des nouvelles sondes et capteurs multiparamétriques et météorologiques et instruments océanographiques.

Étant donné que les sondes des trois bouées fixes sont actuellement saturées, il est demandé d'acquérir pour chaque bouée fixe une sonde multiparamétrique additionnelle dotée des capteurs pour mesurer et suivre :

1-La Toxicité :

Dans le cadre du suivi de la prolifération du phytoplancton, algues toxiques et du déversement accidentel d'hydrocarbures dans le milieu marin, il est demandé d'acquérir pour chaque bouée fixe :

Intégration des Sondes contenant :

- Des capteurs de détection d'hydrocarbures

- capteurs d'algues toxiques

2-La Productivité : pour chaque bouée fixe

- Intégration des capteurs de radiation Solaire :

Une simple augmentation de 1°C de la température peut tuer les minuscules organismes pigmentes qui vivent en symbiose avec les polypes du corail. Leur mort finit par tuer l'hôte du corail qui dépend d'eux pour les nutriments synthétisés par la lumière du soleil. De plus, comme les océans absorbent de plus en plus de CO2 atmosphérique en excès produit par les activités humaines, ils deviennent plus acides (leur PH baisse), ce qui menace divers groupes, dont les coraux, les mollusques, les échinodermes et certaines espèces de zooplanctons et de phytoplanctons. Les conséquences les plus immédiates sont peut-être locales (dégradation des récifs coralliens, par exemple).

3- Mesures hydrodynamiques et océanographiques complémentaires

Il est indispensable de compléter le réseau de mesure en mer par l'accompagnement des bouées mobiles d'équipements pour des mesures ponctuelles qui permettront de mesurer le courant et la houle aux différents zones ponctuelle afin d'interpoler avec les données des bouées fixes une zone surfacique pour l'analyser et l'interpréter. En effet, la connaissance de la mesure surfacique est indispensable à toute analyse spatiale, modèle de simulation et de prévision en mer le long de tout le littoral.

Il est demandé de faire doter les 4 bouées mobiles de (Un courantomètre et un capteur de pression pour chaque bouée):

3-1-Quatre (04) courantomètres et quatre (04) capteurs de pressions. Cela offre plus de souplesse et surtout un jeu de données complet par bouée. Il est à rappeler que la bouée mobile est par définition sujette à des déploiements au niveau de sites différents répondants ainsi à des besoins spécifiques

3-2- Quatre (04) houlographes (Un houlographe pour chaque bouée mobile) qu'il va falloir installer au large pour que la mesure ne soit pas impactée par l'effet du fond. Et là se pose un vrai problème de localisation. Une à l'extérieur du golfe de Tunis, une à l'extérieur du golfe de Hammamet. Pour le golfe de Gabès il en faudrait une à 50 mètres de profondeur et enfin pour les côtes Nord, une au large de Tabarka. La solution de leur déploiement au niveau des plateformes pétrolières est très plausible.

3-3- Deux (02) échosondeurs portatifs pour mesurer la profondeur.

4- Deux (02) GPS portatifs assez précis.

5- Acquisition d'une bouée fixe

6- Acquisition de 03 ADCP avec leurs socle et batteries afin de permettre la mesure avec précision des paramètres hydrodynamiques nécessaires pour l'évaluation des impacts du Changement Climatique.

7-Acquisition de 03 marégraphes

8 –Acquisition d'images LIDAR : JERBA et Golf de Tunis, images à très haute résolution pour le calcul précis de l'avancée du niveau de la mer suite à l'EANM pour la production des indicateurs y afférant.

Composante B : Renforcement du SIAD par : Acquisition de logiciels de traitement et de modélisation et de simulation des données hydrodynamiques, physico-chimiques et météorologiques.

Afin de traiter, analyser, modéliser et diffuser de l'information collectée à partir des bouées, l'Observatoire a besoin de mettre en place des logiciels qui répondent à toutes les demandes et applicatifs.

- Logiciel de simulation et d'analyse
- Logiciel de calcul statistique
- Logiciel de Modélisation.

Composante C : Renforcement du SIAD par : Une assistance technique au profit des cadres de l'APAL qui ont la tâche de gérer le SIAD.

Le succès d'un tel projet de réseau de mesures en mer dépend exclusivement de la qualité du personnel qui en aura la charge. Il se trouve que plusieurs profils de personnel sont concernés et doivent tous être disponibles. En effet, les données doivent être impérativement réceptionnées par du personnel capable de les valider, de les intégrer dans la base de données qui sera créée pour le réseau et de procéder aux traitements préliminaires. En d'autres termes, il est indispensable au personnel de l'APAL en général et de l'Observatoire qui a la charge de gérer le réseau de surveillance en mer en particulier de voir des expériences similaires avec des réseaux déjà mis en place et qui tournent dans d'autres pays.

Il est indispensable d'organiser un stage à l'étranger pour une période de 05 jours pour 03 cadres de l'Observatoire du Littoral pour voir et vivre le quotidien d'autres équipes qui ont la charge du même genre de projet afin d'acquérir les capacités nécessaires à gérer leur propre réseau et d'apprendre les bases de gestion (réception, stockage, …) des données et leur traitement et analyse pour pouvoir produire, dans un premier temps, quelques interprétations et conclusions.

Trois missions sont proposées:

(1) Missions d'assistance et d'accompagnement,

(2) Mission de formation sur le traitement et la gestion des données océanographiques issues du réseau des bouées et des marégraphes,

(3) Mission d'initiation en matière de traitement / exploitation de données

Composante D : Etudes thématiques

Etude1 : Evaluation des coûts environnementaux et socio-économiques de la variabilité et des changements climatiques dans les zones côtières vulnérables à l'érosion marine et l'élévation du niveau de la mer dont le but est de contribuer à l'actualisation des documents stratégiques et des critères en relation avec la gestion intégrée des zones côtières.

Il s'agit de choisir deux ou trois sites littoraux vulnérable à l'élévation du niveau de la mer pour réaliser une étude des impacts socio-économiques très précise, en approfondissant par exemple sur l'idée d'évaluer les coûts / bénéfices des interventions de protection (digues, épis, etc.). Nous chercherons à adapter en Tunisie et aux sites choisis, une méthode d'évaluation des impacts socio-économiques des changements climatiques mise en œuvre et réussi en Europe.

Etude2 : Approches pratiques pour la compréhension de l'évolution des impacts des CC ; à travers :

1- Etude du comportement actuel des plages, des cordons dunaires, côtes rocheuses et des zones humides basses et connaissance de l'état d'évolution pour des approches perspectives en relation avec l'élévation du niveau de la mer.

2- Réduire l'impact de la submersion en relation avec une éventuelle ENM : (Connaissance et valorisation des indicateurs des variations récentes de niveau de la mer pour comprendre l'impact de la submersion).

3- Sélection des sites permettant un suivi significatif des types de zonation littorale (végétation, qualité de sol, qualité de la nappe phréatique, la faune, etc.).

4- Rationnaliser les interventions humaines sur les zones humides côtières et les embouchures des oueds.

5- Lutter contre les interventions susceptibles de favoriser les phénomènes d'intrusion de la salinisation (Ex : Sebkha Ariana : eaux usés donc sebkha toujours pleine)

Etude3 : Etude détaillée et à grande échelle de la vulnérabilité de l'archipel de Kerkennah face à l'élévation du niveau de la mer :

- Sur une bande de 500 m, un levé détaillé de la micromorphologie et de la végétation associée (non colonisée par le bâti) avec une cartographie commentée.
- Proposition de procédure de suivi (réflexion pour le choix des sites, les indicateurs et la mise en œuvre)
- Prise de vue Aérienne de l'ile : Année 2014
- Une campagne de photographie par LIDAR + MNT d'une précision centimétrique
- Recalcul des indices de vulnérabilité (de l'étude de la carte de vulnérabilité) en accordant une place significative aux terrains
- Développement d'un MNT à partir des levés topo-bathy programmés et affiner la simulation des effets de l'ENM
- Calcul de la vitesse de l'érosion

Etude4 : Calcul des indicateurs directs et indirects liées aux effets du l'ENM sur le littoral.

Indicateurs directs :

- La morphologie de la dune

- Etat actuel des aménagements

- La distribution des accumulations par les vagues

Indicateurs indirects

- La qualité du sol

- La distribution de la végétation

- La fonctionnalité des aménagements

Etude 5 : Le Renforcement de l'assise juridique et institutionnel du SIAD

Aucun système d'alerte rapide ou précoce ne peut fonctionner et assurer sa mission sans une assise juridique et un cadre institutionnel qui identifie les intervenants et leurs attributions tout en assurant les moyens humains et matériels nécessaires. La question relative à la gouvernance nationale doit être débattue et une réflexion doit être coordonnée à un haut niveau pour renforcer l'existant, combler les lacunes et s'insérer dans une dynamique dont l'ultime objectif est d'assurer une gestion durable du littoral et des ressources marines.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Le SIAD doit permettre d'apporter des réponses aux domaines d'investigation suivants:

1. L'observation et le suivi des écosystèmes littoraux dans leurs interactions avec les actions de développement actuelles et futures

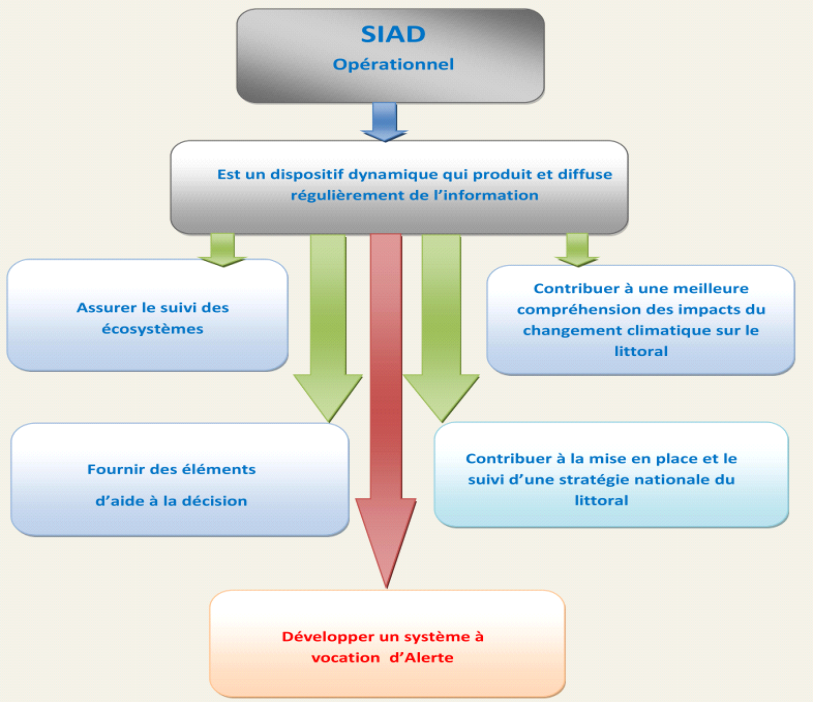
2. Les processus de prise de décision

3. Le suivi de l'impact des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer en particulier sur les écosystèmes littoraux et les activités humaines qui s'y produisent

4. La contribution à la mise en place et le suivi d'une stratégie nationale du littoral.

5. La contribution aux systèmes à vocation d'alerte

Fonctionnalité du SIAD



A.4 Statut de la technologie dans le pays

Actuellement le SIAD au niveau de l'APAL est composé comme suit :

a-Réseau de mesures et de transmission en temps réel des données météo-océanographiques et physico-chimiques

Le réseau est composé de :

-Trois (03) bouées fixes implantées au large aux sites de Ghar El Melh, Hergla et Jerba

-Quatre (04) bouées mobiles implantées en mer à la demande de l'APAL

- Quatre(04) marégraphes implantés aux ports de Tabarka, yasmine hammamet, Gabès et Zazis

b. Système de collecte, de stockage et de traitement de données

- Acquisition des données en temps réel par satellite
- Contrôle de qualité et Validation
- Elaboration de métadonnées et alimentation du Géo catalogue
- Stockage des données brutes et traitées
- Exploitation des données (Analyse et interprétation des données traitées).

c. Diffusion de l'information traitée :

- Produire et Diffuser en interne et communiquer à l'externe l'information produite du SIAD.

La technologie proposée viendrait renforcer et compléter ce système pour une meilleure efficacité.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Le SIAD est un dispositif d'information dynamique chargé de la mesure, de la collecte, du stockage, de la gestion, du traitement, de l'analyse, de l'interprétation et de la diffusion de l'information météo-océanographique dans une optique de facilitation de la prise de décision en matière de surveillance et de protection du littoral tunisien. Les avantages économiques, sociaux et environnementaux découlent des objectifs qui lui sont assignés en terme de :

- Suivi et surveillance du littoral tunisien
- Offrir l'assise à une modélisation fine de la dynamique, de la qualité des eaux et du transport sédimentaire
- Développer un système de surveillance à vocation d'Alerte,
- Adhérer à une dynamique régionale axée sur les études des impacts du changement climatique
- Contribuer à une meilleure compréhension axée sur les études des impacts
- Adhérer à une dynamique régionale axée sur les études des impacts du changement climatique,
- Contribuer à une meilleure compréhension des impacts du changement climatique sur le littoral.

De ce fait, les avantages résident dans une meilleure orientation des choix de développement du littoral, une efficacité des investissements, une baisse des coûts des dégâts liés au changement climatique et surtout un allègement de la pression anthropique sur le littoral.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Le système visé est ambitieux et vise à s'inscrire dans le sens des « bonnes pratiques » (good practice dans la terminologie anglo-saxone) des systèmes développés ou en cours de développement dans les centres européens.

L'ultime objectif de ce déploiement est le renforcement du Système de Surveillance face aux menaces engendrées par l'effet du Changement Climatique et les catastrophes naturelles sur la population côtière et le littoral. Les instruments de mesure déjà en place déployées à des profondeurs d'environ 20 mètres en face des côtes de Ghar El Melh (Bizerte), Hergla (Sousse) et Djerba (Zarzis) et au niveau de quatre ports (Tabarka, Marina Hammamet, Gabès et Zarzis). Par ailleurs, l'APAL s'est doté d'un système de collecte de données en temps réel par GSMDATA , de stockage en base de données, et d'une interface dynamique en intranet pour l'affichage et l'exploitation des données, l'ensemble est centralisé au sein de l'observatoire du littoral à l'APAL.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le coût de cette technologie est estimé à 3 MDT. La durée de la mise en œuvre est estimée à cinq années selon le planning suivant :

Composante A : Année 1 et 2

Composante B : Année 1 et 2

Composante C : Année 2, 3 et 4.

Composante D : Année 2, 3, 4 et5.

Les institutions concernées par la mise en œuvre sont : l'AAPAL, l'INSTM, l'INM, le Ministère de la défense à travers le SHOM…

Technologie 3 : Management du littoral

A.1 Introduction

L'effet conjugué de l'élévation relative du niveau de la mer, des ondes de tempête et des vagues peut entraîner une multiplication et une intensification des inondations dans les régions côtières. Les autorités nationales, régionales et locales ont l'obligation morale et juridique de prendre des mesures préventives et d'identifier les zones exposées en y intégrant les risques de toute nature, y compris les impacts potentiels de l'EANM. L'évaluation de la vulnérabilité du littoral au changement climatique a permis d'identifier et de prioriser les zones les plus vulnérables dont le littoral au niveau de Raf Raf et de Sousse.

A.2 Caractéristiques de la technologie

Les plages, qui sont l'élément essentiel de l'infrastructure balnéaire, vont subir une dégradation suite aux effets des EANM. Les objectifs de cette action seraient donc :

- ✓ la protection des plages des effets de l'EANM
- ✓ le réaménagement des plages ayant subies des dégradations

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Les activités de cette action consistent en :

- ✓ exécution des travaux de protection des plages
- ✓ fixation des dunes littorales
- ✓ aménagement des plages dégradées

A.4 Statut de la technologie dans le pays

L'APAL a déjà exécuté des actions de réhabilitation telles que :

- ✓ la canalisation des flux piétonniers (et par là même la limitation du piétinement), la stabilisation des sentiers d'accès à la plage,
- ✓ le relevé des formations végétales existantes et leur mise en défends,
- ✓ l'aménagement de dispositif de contention (par le biais de barrières conçues dans le respect des caractéristiques du paysage local) ; Ce dispositif sera à même de protéger les formations végétales relevées, d'élargir et de sécuriser la zone de baignade et d'empêcher l'empiètement du cordon par les véhicules,
- ✓ l'élimination des réseaux divers implantés sur le cordon (eau et électricité),
- ✓ le renforcement du gardiennage et des actions d'enlèvement des déchets.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Une grande partie du littoral tunisien subit une importante pression humaine qui peut être urbaine, industrielle, touristique ou agricole. Cette pression s'explique par le fait que les 2/3 de la population est installée sur les côtes.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Il est nécessaire de proposer des mesures innovantes d'adaptation à l'EANM prenant en compte les vulnérabilités des plages (Intégration des exigences de l'EANM dans les Plans d'Aménagement Urbain, nouvelles normes et dispositions réglementaires spécifiques à l'Adaptation, DPM, DPH, PAU, etc.), à l'échelle 2030

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le coût global de la technologie est de 15000 MDT réparti comme suit :

- RafRaf : 6000 MDT
- Sousse : 9000 MDT

La durée de mise en œuvre est de 5 années :

Exécution des travaux de protection et de réhabilitation des plages, fixation des dunes littorales : année 1, année 2 et année 3

Aménagement des plages dégradées : année 2, année 3 et année 4 et année 5

Les acteurs concernés par le projet sont : l'APAL, le Ministère de l'Agriculture et les promoteurs privés.

Technologie 4 : Promotion des pratiques agricoles dans la zone littoral

A.1 Introduction

Les zones agricoles occupent environ 492 kilomètres, soit près de 38% du littoral, et représentent la typologique la plus fréquente de l'espace littoral et varient selon leurs aptitudes culturales (grande culture, arboriculture …).
La vulnérabilité physique du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer conduit à divers impacts socio-économiques directs et indirects comme la perte par submersion d'environ 16.000 hectares de terres agricoles dans les zones côtières basses. De ce fait, la fragilité des zones côtières et des terres menacées par la submersion nécessite la reconversion de certaines activités agricoles. Le recours à des pratiques de protection et de valorisation du littoral est envisagé par la capitalisation et diffusion des pratiques traditionnelles et des savoirs faires locaux les plus adaptées au changement climatique en zone littorale.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La technologie consiste à :

- inventorier et analyser les pratiques qui accroissent la vulnérabilité de l'agriculture littorale et des écosystèmes naturels en vue de les éliminer ou d'y apporter des améliorations ;
- inventorier, analyser, capitaliser et diffuser les acquis des bonnes expériences et les savoir-faire locaux en matière d'adaptation aux changements climatiques dans le domaine de l'agriculture et de la gestion des écosystèmes naturels. Ces acquis devraient être inventoriés et une attention particulière devrait être réservée à l'Agro-écologie et aux systèmes d'économie d'eau.
- Elaborer un cachier des charges pour la pratique de l'agriculture littorale en respect avec certaines pratiques ;
- Impliquer les ONGs dans la mise en œuvre des stratégies des vulgarisations et des valorisations de ces pratiques agricole.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

Les bonnes pratiques ainsi identifiée pourront largement s'appliquer à d'autres zones intérieures du pays. Il s'agit d'identifier les pratiques les moins polluantes et celles qui exercent le moins de pression sur le littoral.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

Un inventaire des pratiques de conservation a été réalisé par le Ministère de l'agriculture qu'il conviendra d'adapter pacifiquement à la zone littorale. D'autres guides pratiques existent également dans la zone méditerranéenne qu'il conviendra d'exploiter.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Les bonnes pratiques et le savoir-faire local visés par cette technologie sont celles qui permettent de réduire la pollution des terres et du littoral, qui protègent les écosystèmes côtiers et qui réduisent la pression globale sur le littoral. Des pratiques innovantes et de préservation des services des écosystèmes sont recherchées qui permettent de diversifier les revenus des petits agriculteurs et réduisent leurs vulnérabilités à l'élévation accélérée du niveau de la mer.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique
L'objectif ultime de ces pratiques et savoir-faire local est de réduire la vulnérabilité socio-économique de la population littorale en réduisant également la pression sur le littoral et donc sa protection.

A.7 Exigences et coûts Financiers

La mise en œuvre de cette technologie basée sur la valorisation du savoir-faire local et des bonnes pratiques se fera sur l'ensemble de l'espace agricole littoral (le Nord, la Basse vallée de la Medjerda, le Cap-bon, le Sahel, Sfax et le Golfe de Gabès) et impliquera les CRDA, le Ministère de l'Agriculture, les Instituts de Recherche, les ONGs et l'IRESA. La durée de mise en œuvre est de 8 années pour un cout estimé à 6 MDT.

Technologie 5 : Protection du littoral contre la pollution dans les zones industrielles

A.1 Introduction

L'attractivité du littoral Tunisien a entraîné une expansion considérable de son activité économique, de ses zones urbaines et de ses stations touristiques, ce qui accélère la croissance démographique dans les régions côtières et, par conséquent, augmente leur vulnérabilité socio-économique vis-à-vis de l'élévation et des variations extrêmes du niveau de la mer. Toutefois, en raison des impacts du climat, ces zones sont confrontées à des problèmes environnementaux, économiques et sociaux de plus en plus préoccupants.

En outre, le–changement–climatique–entraînera une montée du niveau des mers, une aggravation des inondations côtières et de l'intensité des tempêtes ainsi qu'une multiplication des conditions météorologiques sévères. En plus de ces impacts, le réchauffement des eaux, le déclin des zones marécageuses, la dégradation des sols agricoles suite à l'intrusion des eaux salines pourraient aussi se produire. Les écosystèmes marins et côtiers seront aussi affectés, ce qui aura des conséquences sur l'abondance et les modèles de distribution des espèces, du plancton aux prédateurs. De graves conséquences économiques sont aussi à craindre dans des secteurs tels que la pêche, l'aquaculture, le tourisme côtier, l'agriculture, les transports et les grandes infrastructures côtières. Les perspectives de croissance économique de l'ensemble des régions et communes côtières pourraient s'en trouver affectées.

De ce fait ; il est indispensable de protéger les infrastructures industrielles des effets de submersion dus à l'ENAM et de limiter la pollution marine et protéger la biodiversité.

A.2 Caractéristiques de la technologie

La recherche :

- ✓ D'un aménagement adapté des infrastructures existantes implantées sur le rivage ;
- ✓ Des orientations pour les reculs stratégiques des nouvelles installations par rapport au rivage et la révision des textes de loi ;
- ✓ L'établissement des normes qui prennent en compte les impacts des CC dans la conception des nouvelles installations industrielles.
- ✓ La réalisation d'une étude pour définir les actions à entreprendre au niveau des zones industrielles à problèmes.

A.3 Applicabilité et potentiel spécifiques par pays

En se basant sur les résultats de l'étude de la carte de la vulnérabilité du littoral à l'EANM, réalisée par l'APAL en 2012, en prenant en compte la vulnérabilité de l'EANM dans ces secteur, il est possible d'effectuer une évaluation et une identification des différents secteurs menacés (submersion, érosion, …), leurs superficies, et leurs répartitions spatiales par rapport au littoral afin d'estimer l'impact de la montée de l'eau sur ces zones et identifier les zones à risques.

A.4 Statut de la technologie dans le pays

Le travail se base sur les résultats de travaux déjà entamés et permettra de consolider les résultats.

Le travail proposera les orientations du développement économique et social futur et les principales lignes directrices qui devraient guider les dispositions et réaménagements en prenant en compte l'impact de l'EANM (extension, perte, dégradation, pollution, etc.) sur le secteur industriel (pour les 50 ans avenirs en tenant compte des objectifs stratégiques pour le Développement Durable de ces secteurs.

A.5 Avantages en termes de développement économique /social et environnemental

Les avantages socio-économiques résultent de la protection de l'infrastructure industrielle et l'augmentation de sa longévité. Cette idée et les outils d'aide à la décision qu'elle produira soutiendront un développement futur des différentes industries compatibles avec l'évolution du climat, en particulier l'EANM, en permettant de comprendre les facteurs et les interactions complexes à l'origine des risques et de la vulnérabilité climatique qui sont caractérisés par une très haute variabilité spatiale et la nécessité de modifications des textes de lois.

A.6 Avantages de l'adaptation au changement climatique

Les différentes composantes de cette technologie permettent d'assoir une activité industrielle durable sur le littoral ou sa mutation ailleurs si cela est nécessaire. Elles permettent de réduire les pertes économiques et environnementales dues à l'élévation accélérée du niveau de la mer.

A.7 Exigences et coûts Financiers

Le cout de ce projet est de 2 MDT dont la mise en œuvre se fera sur cinq années. Les acteurs concernés et montage institutionnel est envisagé avec le Ministère de l'Industrie, les promoteurs et l'APAL.

9. Annexe II: Liste des parties prenantes impliquées et leurs coordonnées /Liste des ateliers avec le groupe adaptation et des réunions bilatérales

Liste des parties prenantes impliquées et leurs coordonnées

Organisme	Nom et Prénom	Mail	Téléphone
Institut National de la recherche Agronomique de Tunisie INRAT	Bouaziz SIFI	bouazizsifi@yahoo.fr	97253439
Direction Générale de la Production Agricole	Haikel Hechlef	Haikel_esam@yahoo.fr haikelhechlef@gmail.com	50190412 Fax :71780246
Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)	Mouhamed Mabrouki Khaled Zaabar	m.mabrouki@sonede.com.tn k.zaabar@sonede.com.tn	50517464 50518674
Ministère de l'Agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche	Abderrahman Ouasli	waslyab@yahoo.fr	98645508
	Helali Habib	Habibi6919@yahoo.fr	95412689
	Yosra Khemiri	yosrakhemira@live.com	52023922
	Imen Rebai	.fr.imen_mseddi_rebai@yahoo	22318960 71799401fax
Ministère des Transports	Gharbi Ben Souissi	Gharbi.bensouissi@meteo.tn	21873193
Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)	Lamia Sayahi	dtit@citet.nat.tn	22610387 Fax :71 206 642
GIZ	Abdelmajid Jemai	abdelmajid.jemai@giz.de	98286130
Agence Nationale de la Protection de l'Environnement	Faiza Labidi	Faiza_labidi@yahoo.fr	23799903 Fax : 71232811
Agence Nationale de Gestion des Déchets	Amel Ghinoubi Hichem Labidi	 hichemlabidi@anged.nat.tn	 98269605
Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz	Afef Banour	Afefidani@mail.com	25129771
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable	Hamza Youssef Abderrazak	H.Y.Abderrazak@gmail.com	24894445
CERTE	Sihem Ben Abdallah	sihem.benabdallah@certe.rnrt.tn	98404777

		sihem.benabdallah@planet.tn	
APAL	Kaouthar Ben Houidi	k.benhouidi@apal.nat.tn	97348382 Fax : 71908400
MEDD - DCIF	Youssef Mejai	Youssef.mejai@mineat.gov.tn	70728690
CONNECT	Moez Ayari	moezayari@satem.com.tn	58307444 Fax : 71231059
ONAS	Tarek Chaabouni	Chaabouni_tarek@yahoo.fr	94202462

Liste des ateliers avec le groupe adaptation et des réunions bilatérales

Désignation	**Date**	**Partenaires impliqués**	**Lieu**
Atelier de démarrage	27 au 30 Avril 2015	Tous les partenaires, le COPIL, et experts nationaux, expert DTU, Expert ENDA	Le CITET
1er Atelier national de restitution	8 au 9 Septembre 2015	COPIL, groupe adaptation e groupe atténuation et experts nationaux	Hôtel Ibn Khouldoun
Atelier de finalisation des fiches technologiques	21 Septembre 2015	Groupe adaptation et expert national adaptation	Salle de réunion au MEDD
Atelier de priorisation des technologies	26 octobre 2015	Groupe adaptation et expert national adaptation	Salle de réunion au MEDD
Réunion de travail	30 Juillet 2015	MEDD : Mohamed Zmerli, point focal fond d'adaptation	DGEQVMEDD
Réunion de travail	26 octobre 2015	MEDD : Mme Amel Akremi point focal fond vert climat et coordinatrice du projet système d'alerte précoce	DGEQV/MEDD
Réunion de travail	7 octobre 2015	APAL : Mme Kaouthar Ben Houidi et Saba Gallouz	APAL/MEDD
Réunion de travail	22 Septembre 2015	OTEDD : Samira Nefzi	OTEDD/MEDD
Réunion de travail	11 et 12 Novembre 2015	DG/PA : Sahla Mezghanni, directeur	DGPA/MARHP

Réunion de travail	18 Novembre 2015	DG/FIOP : Besma Oueslati, coordinatrice du projet ACCAGRIMAG	

10. Annexe III : Fiches de présences aux ateliers

Fiche de présence au premier atelier de restitution du 8-9 Septembre 2015

1ère journée

(1)

Projet « Evaluation des Besoins Technologiques »
« TNA Project » – phase II

GROUPE ATTENUATION -Feuille de présence : 08/09/2015-

Atelier de restitution de renforcement des Capacités pour la Phase II du projet « EBT » et Priorisation des technologies

Hôtel Ibn Khaldoun, Tunis / 8 & 9 Septembre 2015

N°	Organisme	Nom & Prénom du représentant	N° Tel	E-mail	Signature
1	GIZ	Ahlem Hasnaoui	22 529 229 71 902 511	hasnaoui.ahlem@giz.de	
2	ONAS	Hajer Ghaibi	98.34.7683	hajerghaibi@yahoo.fr	
3	SOUEIDE	Khalid Zaabar	50518674	k.zaabar@soumik.com.tn	
4	CITET	Nozha Hassine	97571082	aic.mh@citet.mat.tn	
5	ALCOR	Marwa Toumi	24 663 504	Marwa.toumi@alcor.com.tn	
6	STEG	Nadia Khouaja	24473827	nkhouaja@steg.com.tn	
7	APAL	Nouna Ketata	98 578 584	n.ketata@apal.nat.tn	
8	CITET	ATARI Raed	58 849 814	rd.r@citet.mat.tn	
9	INM	Ahmed HMAM	98 240 051	hmam@meteo.tn	
10	AAO	KOUBAA SOFIEN	23 825 960	SOFIEN.KOUBAA@YAHOO.FR	
11	ANGed	Machat Mohamed	97820644	medmachat@anged.nat.tn	
12					

2ème journée

UNEP DTU PARTNERSHIP

(2)

Projet « Evaluation des Besoins Technologiques »
« TNA Project » – phase II

GROUPE ATTENUATION

-Feuille de présence : 09/09/2015-

Atelier de restitution de renforcement des Capacités pour la Phase II du projet « EBT » et Priorisation des technologies

Hôtel Ibn Khaldoun, Tunis / 8 & 9 Septembre 2015

N°	Organisme	Nom & Prénom du représentant	N° Tel	E-mail	Signature
13	CITET	Nazifra Hassine	97.571.082	ae.nh@citet.nat.tn	
14	ALCOR	Toumi Marwa	24.663.504	Marwa.toumi@alcor.com.tn	
15	SONEDE	Khaled Zaabar	50518674	K.zaabar@sonede.com.tn	
16	STEG	Nadia Khouaja	24473827	nhanafi@steg.com.tn nadia.hanafi@yahoo.fr	
17	CITET	AYARI Raed	53379814	rd.r@citet.nat.tn	
18	INM	Ahmed HMAM	98240051	hmam@meteo.tn	
19	ONAS	Hajer GHARBI	98.34.76.83	hajergmt@yahoo.fr	
20	APAL	Rouna Ketata	98578589	m.ketata@apal.nat.tn	
21	ANGed	Machat Mohamed	97820644	medmachat@anged.nat.tn	

1ère journée

UNEP DTU PARTNERSHIP

(1)

Projet « Evaluation des Besoins Technologiques »
« TNA Project » – phase II

GROUPE ADAPTATION

-Feuille de présence : 08/09/2015-

Atelier de restitution de renforcement des Capacités pour la Phase II du projet « EBT » et Priorisation des technologies

Hôtel Ibn Khaldoun, Tunis / 8 & 9 Septembre 2015

N°	Organisme	Nom & Prénom du représentant	N° Tel	E-mail	Signature
1	INRAT	Bouaziz SIFI	97253439	bouazizsifi@yahoo.fr	
2	DGRE	yosra khemira (en remplacement de Mme Nejla Khalfoura)	52023922	yosra.khemira@live.com	
3	DGPA	imène Rebaï	22318960	imen_mseddi_rebai@yahoo.fr	
4	CITET	sayah Lamia	92.610.387	dtit@citet.nat.tn	
5	Mint. Agri/DGPA	Hechlef Haikel	50190412	haikel_eam@yahoo.fr	
6	ANPE	Faiza Labidi	23799903	faiza_labidi@yahoo.fr	
7	Institut National de la Météorologie	BEN SOUISSI Gharbi	21873193	gharbi.bensouissi@meteo.tn	
8	SONEDE	Mabrouki Mohamed	50817464	m.mabrouki@sonede.com.tn	
9	ANGed	Labidi Hichem	98269601	hichem.labidi@anged.nat.tn	
10	BPEH	OUASLI Abderrahman	98645508	waslyab@yahoo.fr	
11	MEDD	ABDERRAZAK hamza Jouaref	24894445	H.Y.Abderrazak@gmail.com	
12	GIZ	Abdelmajid Jenia	98286130	abdelmajid.jenia@giz.de	

Projet « Evaluation des Besoins Technologiques »
« TNA Project » – phase II

UNEP DTU PARTNERSHIP

N°	Organisme	Nom & Prénom du représentant	N° Tel	E-mail	Signature
13	MARHP	Hellal Habib	95.412689	habib.6919@yahoo.fr	
	ISSBAT	Gafrej Raoudha	20447922 98769866	r.lahache@gnet.tn	

2ème journée

Projet « Evaluation des Besoins Technologiques »
« TNA Project » – phase II

UNEP DTU PARTNERSHIP

GROUPE ADAPTATION -Feuille de présence : 09/09/2015-

Atelier de restitution de renforcement des Capacités pour la Phase II du projet « EBT » et Priorisation des technologies

Hôtel Ibn Khaldoun, Tunis / 8 & 9 Septembre 2015

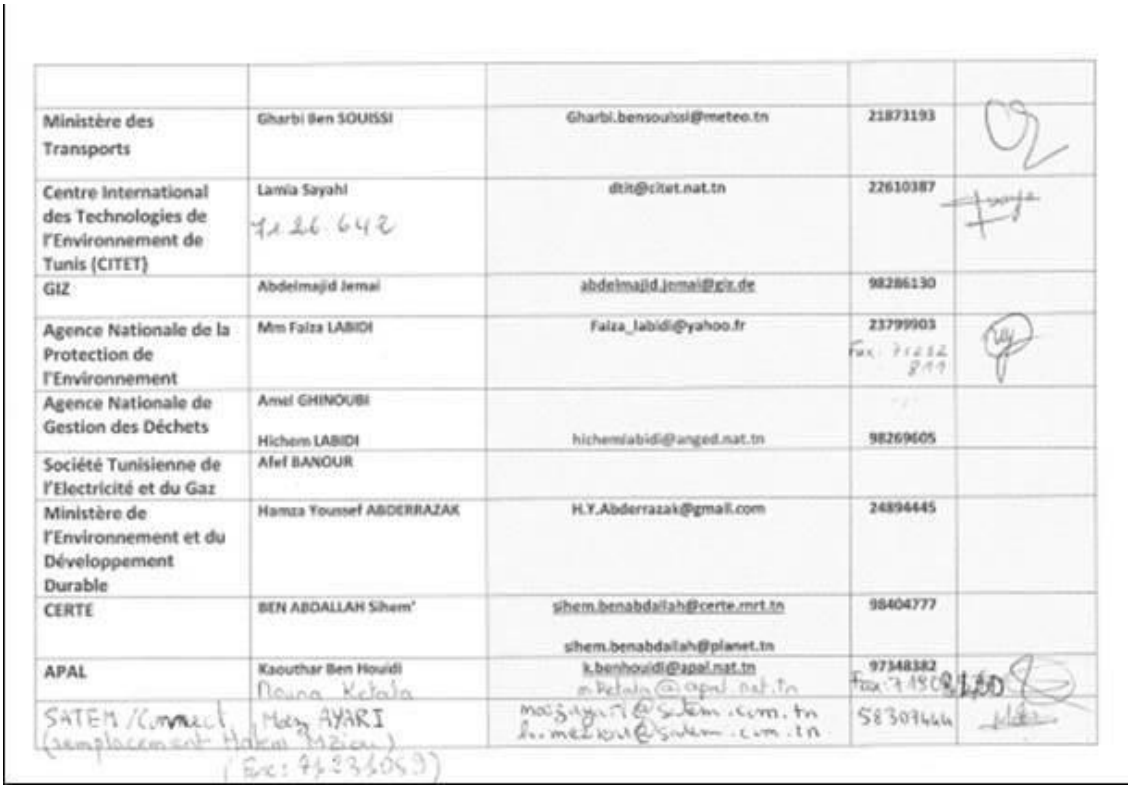
N°	Organisme	Nom & Prénom du représentant	N° Tel	E-mail	Signature
1	ISSBAT	Raoudha Gafrej	98.769866/ 20447922	r.lahache@gnet.tn	
2	CITET	Sayahi Lamia	22.610.387	dtit@citet.nat.tn	
3	OGRE	yosra Khemira	52023922	yosrakhemira@live.com	
4	SONEDE	Mohamed Mabroubi	50517464	m.mabroubi@sonede.com.tn	
5	BPEH	OUASLI Abderrahman	98645508	waslyab@yahoo.fr	
6	I.N.M	BEN SOUISSI Gharbi	21873193	gharbi.bensouissi@metro.tn	
7	MARHP	Hellal Habib	95.412689	habib.hellal@irsa.uprint.tn	
8	DGPA (MARHP)	Hechlef Haikel	50190412	haikel_esam@yahoo.fr	
9	ANPE	FAIZA LABIDI	23799903	faiza_labidi@yahoo.fr	
10	GIZ	Abdelmajid Jemai	98286130	abdelmajid.jemai@giz.de	
11	MEDD	Hamza Youssef ABDERRAZAK	24894445	H.Y.Abderrazak@gmail.com	
12	DGPA (pêche et aquaculture) MARHP	Rebai Imène	22318960	imen_mseddi_rebai@yahoo.fr	

Fiche de présence à l'atelier de priorisation des technologies d'adaptation du 21 Septembre 2015

Projet EBT / TUNISIE / 2015 - 2017

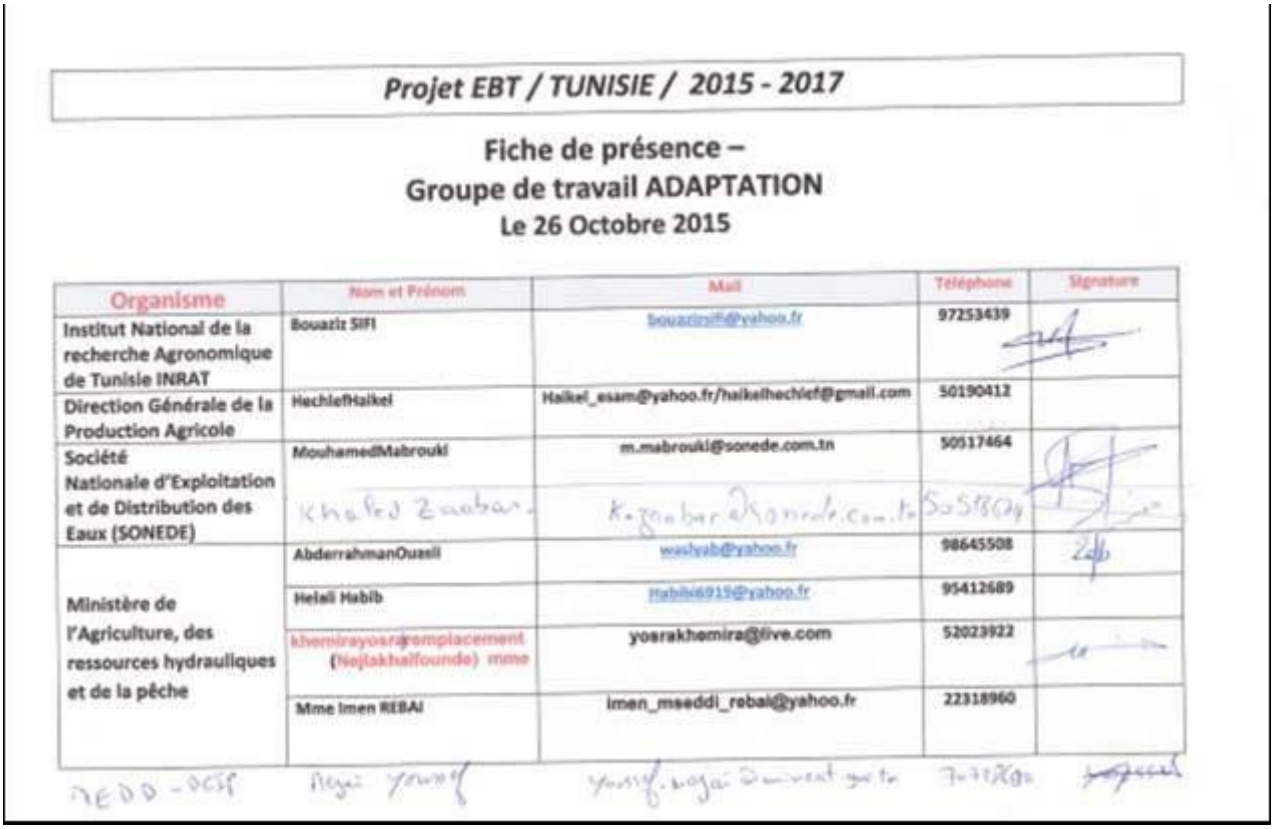
Fiche de présence –
Groupe de travail ADAPTATION
Le 21 Septembre 2015

Organisme	Nom et Prénom	Mail	Téléphone	Signature
Institut National de la recherche Agronomique de Tunisie INRAT	Bouazia SIFI	bouaziasifi@yahoo.fr	97253439	
Direction Générale de la Production Agricole	HechiefHaikel F 71780246	Haikel_esam@yahoo.fr/haikelhechlef@gmail.com	50190412	
Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)	MouhamedMabrouki Khaled Zaabar	m.mabrouki@sonede.com.tn K.Zaabar@sonede.com.tn	50517464	
Ministère de l'Agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche	AbderrahmanOuasli	wasiyab@yahoo.fr	98645508	
	Helal Habib	Habib6519@yahoo.fr	95412689	
	khemirayosrarremplacement (Nejlakhalfoummne (de	yosrakhemira@live.com	52023922	
	Mme Imen REBAI Fax: 71 799 401	imen_mseddi_rebai@yahoo.fr	22318960	
ENAS	Chaabane Tarek	chaabane_tarek@yahoo.fr	98126462	



Ministère des Transports	Gharbi Ben SOUISSI	Gharbi.bensoulssi@meteo.tn	21873193	
Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)	Lamia Sayahi 71 26 642	dit@citet.nat.tn	22610387	
GIZ	Abdelmajid Jemai	abdelmajid.jemai@giz.de	98286130	
Agence Nationale de la Protection de l'Environnement	Mm Faiza LABIDI	Faiza_labidi@yahoo.fr	23799903 Fax: 71 232 899	
Agence Nationale de Gestion des Déchets	Amel GHINOUBI Hichem LABIDI	hichemlabidi@anged.nat.tn	98269605	
Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz	Afef BANOUR			
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable	Hamza Youssef ABDERRAZAK	H.Y.Abderrazak@gmail.com	24894445	
CERTE	BEN ABDALLAH Sihem'	sihem.benabdallah@certe.mrt.tn sihem.benabdallah@planet.tn	98404777	
APAL	Kaouthar Ben Houidi Nouna Ketata	k.benhouidi@apal.nat.tn n.ketata@apal.nat.tn	97348382 Fax: 71 950 [illegible]	
SATEM / Comnet (remplacement Hakem Mazigui)	Mezri AYARI (Fax: 71 233 053)	mezri.ayari@satem.com.tn m.mezri@satem.com.tn	58309464	

Fiche de présence à l'atelier de priorisation des technologies d'adaptation du 26 Octobre 2015



Projet EBT / TUNISIE / 2015 - 2017

Fiche de présence –
Groupe de travail ADAPTATION
Le 26 Octobre 2015

Organisme	Nom et Prénom	Mail	Téléphone	Signature
Institut National de la recherche Agronomique de Tunisie INRAT	Bouaziz SIFI	bouazizsifi@yahoo.fr	97253439	
Direction Générale de la Production Agricole	HechlefHaikel	Haikel_esam@yahoo.fr/haikelhechlef@gmail.com	50190412	
Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)	MouhamedMabrouki	m.mabrouki@sonede.com.tn	50517464	
	Khaled Zaabar	K.zaabar@sonede.com.tn	50518674	
Ministère de l'Agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche	AbderrahmanOuasli	waslyab@yahoo.fr	98645508	
	Helali Habib	Habibi6919@yahoo.fr	95412689	
	khemirayosra remplacement (Nejlakhalfounde) mme	yosrakhemira@live.com	52023922	
	Mme Imen REBAI	imen_mseddi_rebai@yahoo.fr	22318960	
MEDD - DCSP	Mejai Youssef	youssef.mejai@univert.gov.tn	70718680	

2

Ministère des Transports	Gharbi Ben SOUISSI	Gharbi.bensouissi@meteo.tn	21873193	
Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)	Lamia Sayahi	dtit@citet.nat.tn	22610387	
GIZ	Abdelmajid Jemai	abdelmajid.jemai@giz.de	98286130	
Agence Nationale de la Protection de l'Environnement	Mm Faiza LABIDI	Faiza_labidi@yahoo.fr	23799903	
Agence Nationale de Gestion des Déchets	Amel GHINOUBI Hichem LABIDI	hichemlabidi@anged.nat.tn	98269605	
Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz	Afef BANOUR	afefidani@gmail.com	25123771	
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable	Hamza Youssef ABDERRAZAK	H.Y.Abderrazak@gmail.com	24894445	
CERTE	BEN ABDALLAH Sihem'	sihem.benabdallah@certe.rnrt.tn sihem.benabdallah@planet.tn	98404777	
APAL	Kaouthar Ben Houidi	k.benhouidi@apal.nat.tn	97348382	
Conseil /SATEM	Moez AYARI	MoezAYARI@satem.com.tn	58507444	