

Adapt'Action

**TUNISIE – Contribution aux éléments de la phase préparatoire
du processus du Plan National d'Adaptation (Axe 2)**

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Décembre 2021



LIVRABLE
DCP-2017-060 CZZ2152 – MS-2019-08

N°5/5

Cette opération d'assistance technique est financée par l'Agence Française de Développement (AFD) dans le cadre de la Facilité Adapt'Action. Cette Facilité, démarrée en mai 2017, appuie les pays africains, les PMA et les PEID dans la mise en œuvre de leurs engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le Climat, par le financement d'études, d'activités de renforcement des capacités et d'assistance technique, dans le secteur de l'adaptation en particulier. Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu du présent document. Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement celle de l'AFD ni de ses partenaires.

*Photo de couverture : « Tounis el khadra » Paysage agricole du nord-est de la Tunisie, avec la forêt utilisée comme parcours pour l'élevage jusqu'à la plaine labourée et irriguée par un lac collinaire au pied du djebel Zaghouan.
15 avril 2012*

Crédit photo : Denis POMMIER

HOMMAGE



Notre collègue Rachid KHANFIR nous a quitté brutalement le 9 Novembre dernier.

Nous avons partagé avec lui des moments intenses d'échanges dans le domaine de l'eau et du changement climatique cette année.

C'est toujours avec calme et sourire qu'il faisait passer ses idées et sa vision. Il a apporté une formidable contribution pour l'adaptation aux changements climatiques.

*Céline DEANDREIS
Denis POMMIER
Jamila BEN SOUSSI
Kamel TOUNSI
Mustapha JOULI
Riad BALAGHI
Rim ZITOUNA-CHEBBI
Stéphane SIMONET*

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES CARTES, FIGURES, TABLEAUX ET ENCADRÉS	5
LISTE DES ACRONYMES, CONVENTIONS ET ABREVIATIONS.....	6
INTRODUCTION.....	10
PRESENTATION DES ENJEUX ET DU PERIMETRE DE L'ETUDE	11
A. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	11
B. PRECISIONS SUR LES ENJEUX ET LE PERIMETRE DE L'ETUDE.....	12
C. METHODE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE	13
i) ETAPE 1. ANALYSE DES EFFETS DES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 8.5 ET RCP 4.5 SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE Y COMPRIS LES RESSOURCES NATURELLES	13
a. Tâche 1 : Revue documentaire des tendances climatiques historiques et de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire et les ressources naturelles en Tunisie.	13
b. Tâche 2 : Analyse quantitative des évolutions passées et futures du climat de l'impact attendu du changement climatique sur la sécurité alimentaire et les ressources naturelles en Tunisie	14
ii) ETAPE 2. ÉVALUATION DES FACTEURS DE VULNERABILITE AU CLIMAT ET IDENTIFICATION DES OPTIONS	16
a. Tâche 3 : Quantification des impacts potentiels du changement climatique sur les systèmes agro-sylvo-pastoraux et les ressources halieutiques en Tunisie	16
b. Tâche 4 : Analyse de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire en Tunisie	19
iii) ETAPE 3. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES OPTIONS D'ADAPTATION	21
a. Tâche 5 : Identification des options d'adaptation au changement climatique	21
b. Tâche 6 : Hiérarchisation des options d'adaptation de l'agriculture	21
c. Tâche 7 : Analyse des impacts non intentionnels des mesures d'adaptation	21
d. Tâche 8 : Cadre de mise en œuvre des options d'adaptation	22
iv) ASPECTS TRANSVERSAUX	22
a. Prise en compte du genre	22
b. Concertation et communication	22
v) RAPPEL DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL DE L'EQUIPE	23
1. CHAPITRE 1 : PREMIERE ETAPE.....	24
1.1. ANALYSE DE LA SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE EN TUNISIE	24
1.1.1. RAPPEL DU CONCEPT DE LA SECURITE ALIMENTAIRE	24
1.1.2. POLITIQUES DE SECURITE ALIMENTAIRE DEPUIS L'INDEPENDANCE	25
1.1.3. LA DISPONIBILITE ALIMENTAIRE ACTUELLE	26
1.2. ANALYSE DES EVOLUTIONS CLIMATIQUES ET AGRO CLIMATIQUES ACTUELLES ET FUTURES.....	35
1.2.1. LE TRAITEMENT DES INCERTITUDES	37
i. Données utilisées, climatologie de référence et descente d'échelle	38
ii. Evolutions climatiques et agro climatiques observées	39
1.2.2. INDICATEURS CLIMATIQUES	41
1.2.2.1. Indicateurs agro climatiques	43
1.2.2.2. Tendances et évolutions climatiques futures	46
1.2.3. IMPACTS ACTUELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE EN TUNISIE	51
1.3. CONCLUSIONS RELATIVES AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE RCP 4.5 ET RCP 8.5	57

2. CHAPITRE 2 : DEUXIEME ETAPE	61
2.1. LES PROJECTIONS CLIMATIQUES ET AGROCLIMATIQUES	62
2.2. LES ENSEIGNEMENTS DE L'ANALYSE DES RISQUES DU CC SUR LA PRODUCTION NATIONALE	62
2.3. L'EVOLUTION DE LA DISPONIBILITE DES ALIMENTS	66
2.4. L'EVOLUTION DE L'ACCES AUX ALIMENTS	68
2.5. L'EVOLUTION DE L'UTILISATION DES ALIMENTS	69
2.6. STABILITE DU SYSTEME ALIMENTAIRE	71
2.7. QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA TUNISIE ET SES PARTENAIRES	72
2.8. CONCLUSIONS CONCERNANT LES IMPACTS FUTURS DU CC SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE	73
3. CHAPITRE 3 : TROISIEME ETAPE	75
3.1 IDENTIFICATION ET EVALUATION DES OPTIONS D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	75
3.1.1 <i>Les options prioritaires d'adaptation au changement climatique</i>	75
3.1.2 <i>Effet des options proposées sur l'amélioration de la sécurité alimentaire</i>	78
3.1.3 <i>Recommandations pour un cadre de mise en œuvre des options d'adaptation</i>	78
3.2 ANALYSE DES MESURES D'ADAPTATION EN TERMES DE SECURITE ALIMENTAIRE.	81
3.2.1 <i>L'accès au foncier au cœur de la sécurité alimentaire</i>	81
3.2.2 <i>Évaluation des scénarios sous l'angle de la sécurité alimentaire</i>	84
3.3 RECOMMANDATIONS POUR LE FUTUR CADRE DE MISE EN ŒUVRE DES OPTIONS D'ADAPTATION	85
3.4 ENSEIGNEMENTS TIRES DE PROJETS D'ADAPTATION DANS LE SECTEUR AGRICOLE ET LA PECHE.	85
3.5 RECOMMANDATIONS POUR LE FUTUR CADRE DE MISE EN ŒUVRE ET LES AXES STRATEGIQUES	89
3.5.1 <i>Les parties prenantes clés et la gouvernance (réglementaire et institutionnelle)</i>	89
3.5.2 <i>Les possibilités de financement</i>	90
3.5.3 <i>Les barrières à lever en matière de recherche innovation</i>	90
3.5.4 <i>Les mesures nécessaires de renforcement de capacités.</i>	90
3.6 LES AXES STRATEGIQUES	91
4. CONCLUSION CONCERNANT LES OPTIONS D'ADAPTATION	93

LISTE DES CARTES, FIGURES, TABLEAUX ET ENCADRÉS

FIGURE 1 : CARTES DES ETAGES BIOCLIMATIQUES 1981-2010 – A GAUCHE DONNEES DE 1976 A DROITE, CARTE ACTUALISEE	42
FIGURE 2 : SCHEMA DE LA SECURITE ALIMENTAIRE	51
FIGURE 3 : VALEUR AJOUTEE A L'HECTARE SELON LA TAILLE DE LA SUPERFICIE AGRICOLE UTILE DE L'UNITE DE PRODUCTION	82
FIGURE 4 : COMPARAISON DES SCORES DES SCENARIOS SELON LES QUATRE PILIERS DE LA SECURITE ALIMENTAIRE	84
FIGURE 5 : PART DE CHAQUE TYPE D'APPROCHE	89
TABLEAU 2 : ORGANISATION DE L'EQUIPE EN CHARGE DU PROJET	23
TABLEAU 3 : TENDANCES ANNUELLES DES TEMPERATURES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES POUR LA TUNISIE	40
TABLEAU 4 : EVOLUTIONS DES VARIABLES CLIMATIQUES	48
TABLEAU 5 : EVOLUTIONS DES INDICATEURS CLIMATIQUES	49
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES INDICATEURS AGRO-CLIMATIQUES	50
TABLEAU 7 : ÉVOLUTION DE VALEUR AJOUTEE (PIB AGRICOLE) ET DE L'EMPLOI A L'HORIZON 2050 EN TRAJECTOIRE TRANSFORMATIVE	83
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES EFFETS COMPARES DES DEUX SCENARIOS SELON LES PILIERS DE LA SECURITE ALIMENTAIRE	84

LISTE DES ACRONYMES, CONVENTIONS ET ABREVIATIONS

AC	Agriculture de Conservation
ACC	Adaptation aux changements climatiques
AFAT	Agriculture, Forêt et les autres Affectations des Terres
AFD	Agence Française de Développement
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use ou AFAT en FR
ALECA	Accord de Libre Échange Complet et Approfondi
AMCP	Aires Marines et Côtières Protégées
AND	Autorité Nationale Désignée
ANGeD	Agence Nationale pour la Gestion des Déchets
ANME	Agence Nationale de Maîtrise de l'Énergie
APAL	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
APIA	Agence pour la Promotion des Investissements Agricoles
ARP	Assemblée des Représentants du Peuple
ATFP	Agence Tunisienne de Formation Professionnelle
AVFA	Agence de Vulgarisation et de Formation Agricole
BaU	Simulation se basant sur un scénario tendanciel (Business as Usual)
BCT	Banque Centrale de Tunisie
BFPME	Banque de Financement des Petites et Moyennes Entreprises
BIRH	Bureau de l'Inventaire et des Recherches Hydrauliques
BPEH	Bureau de la Planification des Équilibres Hydrauliques
CATU	Code de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
CC	Changement Climatique
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDN	Contribution Déterminée au niveau National
CE	Code des Eaux
CEDAW	Convention sur l'élimination des discriminations contre les femmes
CES	Conservation des Eaux et du Sol
CIEDE	Cellule d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement
CIHEAM	Centre International de Hautes Etudes Agronomiques ^{SEP} Méditerranéennes
CITET	Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis
CMI	Centre pour l'Intégration en Méditerranée
CN	Communication Nationale
CNCC	Comité National sur les Changements Climatiques
CNEA	Centre National des Etudes Agricoles
CNDD	Commission Nationale pour le Développement Durable
COP	Conférence des Parties (CCNUCC)
CORDEX	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment

CRDA	Commissariat Régional au Développement Agricole
CREDIF	Centre de Recherches, d'Etudes et de Documentation sur la Femme
CSNER	Chambre Syndicale Nationale des Energies Renouvelables
DD	Développement Durable
DGACTA	Direction Gle de l'Aménagement et la Conservation des Terres Agricoles
DGBGTH	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques
DGE	Direction Générale de l'Energie
DGEDA	Direction des Etudes et de Développement Agricole
DGEQV	Direction Générale de l'Environnement et la Qualité de la Vie
DGF	Direction Générale des Forêts
DGFIOP	Direction Gle Financement Investissements et Organismes Professionnels
DGGREE	Direction Générale du Génie Rural et de L'Exploitation des Eaux
DGPA	Direction Générale de la Production Agricole
DGPAq	Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DHMPE	Direction de l'Hygiène du Milieu et de la protection de l'environnement
DSSB	Direction des Soins de Santé de Base
TND	Dinar tunisien
EANM	Élévation Accélérée du Niveau de la Mer
EE	Efficacité Energétique
ENM	Élévation du Niveau de la Mer
ER	Energies Renouvelables
ESAMO	École Supérieure d'Agriculture de Mograne
ESIER	École Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural
ETAP	Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières
FAO	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FNAR	Fond National d'Adaptation et de Résilience
FNME	Fonds National de Maîtrise de l'Energie
FOSDAP	Fonds Spécial de Développement Agricole et la Pêche
FTE	Fonds de Transition Energétique
FVC	Fonds Vert pour le Climat
FVWN	Fièvre Virale du West Nile
GDA	Groupement de Développement Agricole
GES	Gaz à Effet de Serre (GHG en anglais)
GFIC	Groupement Forestier d'Intérêt Collectif
GIEC	Groupement Inter gouvernemental des Experts sur l'évolution du Climat
GIZ	Agence Allemande de coopération technique au développement
GWP-Med	Global Water Partnership-Mediterranean
ha	Hectare
Hab	Habitant
HT	Haute Tension
IDG	Indice de Développement de Genre
IDH	Indice de Développement Humain

IIG	Indice d'Inégalité de Genre
INAT	Institut National Agronomique de Tunisie
INDC	Intended Nationally Determined Contributions
INGC	Institut National des Grandes Cultures
INM	Institut National de la Météorologie
INRAT	Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie
INRREF	Institut National de Recherche du Génie Rural des Eaux et Forêts
INS	Institut National de la Statistique
INSTM	Institut National des Sciences et Technologies de la Mer
IRA	Institut des Régions Arides
IRMC	Institut de recherche sur le Maghreb contemporain
ISSBAT	Institut Supérieur des Sciences Biologiques Appliquées de Tunis
ITES	Institut Tunisien des Etudes Stratégiques
km	Kilomètre
MALEn	Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement
MARHP	Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de la pêche
Md€	Milliards d'Euros
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MEAT	Ministère de l'Equipement de l'Aménagement du Territoire
mm	Millimètre
Mm3	Million de mètres cubes
NAMAs	Mesures d'atténuation appropriées au niveau national
NEXUS	Eau-Énergie-Alimentation
OC	Office des Céréales
ODD	Objectifs de Développement Durable
OIM	Organisation Internationale pour les Migrations
OIT	Ordre des Ingénieurs Tunisiens
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OMVVM	Office de Mise en Valeur de la Vallée de la Medjerda
ONAGRI	Observatoire National de l'Agriculture
ONAS	Office National de l'Assainissement
ONE	Observatoire National de l'Energie
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONMNE	Observatoire National des Maladies Nouvelles et Emergentes
ONTT	Office National du Tourisme Tunisie
ONU	Organisation des Nations Unies
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
OTEDD	Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable
PAM	Programme Alimentaire Mondial (WFP)
PCTI	Plans climats territoriaux intégrés
PFNL	Produit Forestier Non-Ligneux
PIB	Produit Intérieur Brut

PNA	Plan National d'Adaptation
PNDER	Plan National de Dessalement par l'Energie Renouvelable
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUÉ	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PPLT	Programme de Protection du Littoral Tunisien
PPP	Partenariat Public Privé
PST	Plan Solaire Tunisien
QA/QC	Assurance Qualité et Contrôle Qualité
qx	Quintaux (un quintal = 100 kilos ; 10 qx = une tonne)
R&D	Recherche et Développement
RACCM	Regional Assessment Climate Change In the Mediterranean
RC	Renforcement de Capacité
RCP	Representative Concentration Pathway - Scénarios climatiques GIEC
SA	Sécurité Alimentaire
SAP	Système d'Alerte Précoce
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
SAU	Superficie Agricole Utile
SCEQE	Système communautaire d'échange de quotas d'émission
SDAZS	Schéma Directeur d'Aménagement des Zones Sensible
SECADENORD	Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord
SIG	Système d'Information Géographique
SME	Système de Management de l'Energie
SMSA	Société Mutuelle de Services Agricoles
SNCC	Stratégie Nationale sur le Changement Climatique
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
STEG	Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz
STEP	Station d'épuration
STIR	Société Tunisienne des industries de Raffinage
tep	Tonne Equivalent Pétrole
TNA	Technology Needs Assessment
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
UE	Union Européenne
UF	Unité Fourragère
UF _e	Unité Femelle pour estimer la taille d'un cheptel
UGPO	Unité de Gestion Par Objectif
UCP	Unité Coopérative de Production
USD	Dollar Etats-unien
UTAP	Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche
UTICA	Union Tunisienne de l'industrie, du commerce et de l'artisanat

INTRODUCTION

Au travers de la Facilité Adapt'Action lancée en 2017, l'AFD apporte son soutien au Gouvernement Tunisien et en particulier au Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP), afin d'accompagner le pays face au changement climatique dans la définition et l'adoption de trajectoires de développement bas carbone et résilientes au changement climatique.

Dans ce cadre, une étude visant à contribuer à la préparation du Plan National d'Adaptation de la Tunisie a été lancée en Juillet 2019. Cette étude porte sur la phase préparatoire du PNA pour la sécurité alimentaire et doit être menée en étroite collaboration avec la FAO.

L'étude se concentre sur l'analyse de la vulnérabilité au changement climatique et sur la nature et l'étendue des actions d'adaptation dans les systèmes alimentaires et agro-alimentaires.

Elle comporte 3 étapes principales :

- **Étape 1.** Analyse des effets des scénarios de changement climatique RCP 4.5 et 8.5 ;
- **Étape 2.** Évaluation des facteurs de vulnérabilité au climat et impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire ;
- **Étape 3.** Identification et évaluation des options d'adaptation.

Ce rapport constitue le cinquième livrable prévu au marché. Conformément aux termes de référence de l'étude et à la méthodologie présentée dans le rapport de démarrage de la mission, l'objectif de ce rapport est de synthétiser les quatre livrables précédents, principalement en reprenant leurs résumés exécutifs et leurs conclusions spécifiques. Ce document ne contient pas de nouveautés par rapport aux précédents rapports.

Concernant l'analyse des options d'adaptation, nous avons délibérément choisi d'aller au-delà des réponses agronomiques et technologiques habituellement présentées aux décideurs et aux producteurs, pour intégrer d'autres dimensions essentielles, de nature politique, économique et sociale dans la gouvernance des ressources naturelles.

La force de cette étude est de proposer une approche innovante s'appuyant sur une démarche de quantification des aléas liés au changement climatique en Tunisie et de modélisation de leurs effets sur la sécurité alimentaire du pays, en se concentrant sur des sous-secteurs essentiels à cette sécurité, à savoir la céréaliculture, l'oléiculture, l'élevage extensif sur parcours, l'eau agricole et la pêche.

Le rapport est organisé en quatre parties :

1. **La phase de démarrage de l'étude**
2. **L'analyse des changements climatiques aux horizons 2050 et 2100**
3. **L'analyse les impacts des changements climatiques sur la Sécurité Alimentaire**
4. **Les résultats de l'évaluation des options d'adaptation**

Compte tenu du fait que ce rapport se situe dans l'étape préliminaire de la construction du PNA de la Tunisie, l'objectif recherché est d'inciter à une réflexion collective sur la nécessité de s'attaquer aux causes structurelles qui sont à l'origine des faibles performances économiques et environnementales du secteur agricole et par voie de conséquence, de la croissance des inégalités qui sont les causes profondes de l'instabilité politique et sociale actuelle.

PRESENTATION DES ENJEUX ET DU PERIMETRE DE L'ETUDE¹

a. Contexte de l'étude

La phase préparatoire du processus conduisant à la formulation d'un Plan National d'Adaptation PNA a débuté en août 2018 avec un atelier de lancement articulant trois axes : sécurité alimentaire (appui AFD et FVC avec la FAO), aménagement du territoire et aspects transversaux (appui du FVC et du PNUD). Des moyens conséquents additionnels (2 MU\$) au concours de la facilité Adapt'Action de l'AFD ont été récemment approuvés par le FVC.

Une feuille de route pour le volet « Aménagement du territoire » du PNA a été préparée en 2019. Cependant, la présente étude – qui a démarré en juillet 2019 – ouvre la voie pour les autres volets, puisque leurs calendriers de mise en œuvre sont moins avancés. Ceci constitue à la fois une contrainte, dans la mesure où il faudra convaincre les autres institutions de s'aligner autant que possible sur des points essentiels tels que les horizons temporels choisis pour les projections, les approches méthodologiques, les scénarios climatiques prioritaires, mais aussi une opportunité donnée à toutes les institutions d'avancer sur des bases acquises donc de construire un PNA cohérent, fondé sur une démarche concertée.

Ceci est d'autant plus important que plusieurs études et travaux de réflexion stratégique ont été menés en Tunisie depuis le milieu des années 2000 autour de la question des changements climatiques et que ceux-ci ont visiblement peiné à convaincre les décideurs et les citoyens de l'urgence de la réflexion et de l'action. Il y a donc un défi particulier à convaincre les parties prenantes de la nécessité d'une approche compréhensive et inclusive, permettant de mieux fonder le diagnostic et d'envisager d'aller au-delà de réponses purement techniques, afin de bien comprendre que l'adaptation aux changements climatiques n'est pas – loin s'en faut – uniquement une affaire de l'administration – mais une cause nationale majeure qui exige la mobilisation de toutes les forces vives.

Cette étude, a débuté dans le contexte politique de la fin d'un cycle de gouvernement, avec des élections présidentielles anticipées et législatives en septembre / octobre 2019. Elle s'est située également à la charnière entre le plan de développement 2016-2020 et le plan suivant. Ces éléments ont été à la fois une contrainte (concentration de l'attention autour du processus politique), mais aussi l'opportunité d'apporter des connaissances et des arguments aux nouvelles autorités.

La période s'est caractérisée également par le début de la mise en œuvre par le MARHP de plusieurs stratégies sous-sectorielles d'envergure nationale. Il s'agit d'une part de la troisième stratégie nationale de conservation des eaux et des sols, dont de nombreux aspects s'intéressent directement aux conséquences des changements climatiques et aux mesures d'adaptation, mais aussi de la nouvelle Stratégie de développement durable des forêts et des parcours en Tunisie 2015 – 2024 et du nouveau Plan National de Lutte Contre la Désertification - horizon 2030.

¹ Cette partie a été construite à partir du rapport de démarrage présenté en octobre 2019

De plus, le MARHP a lancé l'étude prospective de l'eau à l'horizon 2050 – toujours en cours de réalisation – et formulé un nouveau projet de code des eaux reformant celui de 1975, dont l'approbation n'a pas eu lieu en 2021 suite au gel des travaux du parlement. Il est donc apparu nécessaire, d'une part d'échanger avec le projet Eau 2050 et d'autre part d'analyser le projet de code des eaux sous l'angle des changements climatiques.

Enfin, apparaissent en toile de fonds, les processus de négociation en cours d'accords commerciaux entre la Tunisie et ses partenaires, qui concernent en particulier des produits agricoles. Compte tenu des impacts que les règles commerciales ont sur les prix internes et la spécialisation productive, il conviendra d'intégrer cette dimension a été considérée dans la réflexion lors de la dernière étape de l'étude.

b. Précisions sur les enjeux et le périmètre de l'étude

Le scénario RCP 8.5 constitue l'axe principal d'analyse compte tenu de la haute probabilité de se trouver sur cette trajectoire au regard du niveau des émissions actuelles de GES. Toutefois le scénario RCP 4.5 sera également décliné. Les horizons 2050 et 2100 sont retenus pour faciliter la comparaison avec les projections internationales, l'horizon 2030 étant jugé trop proche.

Dans le cadre de cette phase préliminaire du PNA, la priorité a été donnée aux cultures dites stratégiques, du fait de leur contribution à la sécurité alimentaire et/ou de leur importance dans l'occupation des sols. Il s'agit des céréales (blé dur, blé tendre, orge), des oliviers et des parcours utilisés pour l'élevage extensif. D'autre part, le domaine de la pêche a été incorporé dans le périmètre de l'étude après l'étape de démarrage, compte tenu des enjeux économiques et alimentaires attachés à ce secteur.

Le MARHP a manifesté son intérêt pour inclure dans le périmètre de l'étude, la production de cartes nationales en étroite collaboration avec l'INM, afin de montrer le déplacement des limites des étages bioclimatiques de la Tunisie.

En effet, la carte officielle, basée sur la méthode d'Emberger, qui est notamment utilisée pour le calcul des loyers des terres domaniales, date de 1976 et ne reflète plus la réalité.

Pour répondre positivement à cette demande, qui ne figurait ni dans les TdR, ni dans l'offre, il a été nécessaire de vérifier avec l'INS leur disponibilité et l'accès aux données pertinentes. Compte tenu du caractère officiel de cette carte, il aurait été important que l'INM en soit formellement le producteur. Enfin, il convient de préciser que le MARHP – DGACTA dispose d'une carte actualisée des étages bioclimatiques depuis 2005, qui a été formellement publiée par le MARHP en 2015 dans le cadre de l'étude sur la nouvelle stratégie de conservation des eaux et des sols. Finalement, l'INS n'a pas fourni ses propres données et ce produit a été construit à partir de données publiques internationales.

Il est apparu essentiel d'assurer la cohérence de cette étude avec les autres études menées avec l'appui du PNUD et de la FAO. Ceci vaut en particulier pour les horizons choisis et les scénarios climatiques analysés.

Cette mise en cohérence est d'autant plus importante que le processus du PNA "aménagement du territoire" où intervient le PNUD était moins avancé dans le calendrier.

En cohérence avec la FAO, cette étude a adapté l'approche intégrale de la sécurité alimentaire sous les angles de la disponibilité, l'accès, l'utilisation et la stabilité.

Des liens de collaboration ont été établis avec l'étude prospective Eau 2050.

c. Méthode et moyens mis en œuvre

Principaux points relatifs à l'approche et la méthode

L'approche et la méthode ont fait l'objet d'une proposition technique complète soumise et approuvée dans le cadre de l'offre de services du consortium, qui a été diffusée directement à l'ensemble des participants à la réunion de démarrage. Le but de ce chapitre est d'actualiser et préciser des points soumis à discussion dans l'étape de lancement, notamment lors de la réunion de démarrage avec les autorités du MARHP et les variations que cette approche a connu durant la mise en œuvre de l'étude.

i) ETAPE 1. Analyse des effets des scénarios climatiques RCP 8.5 et RCP 4.5 sur la sécurité alimentaire y compris les ressources naturelles

a. Tâche 1 : Revue documentaire des tendances climatiques historiques et de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire et les ressources naturelles en Tunisie.

Il s'agissait de réaliser une revue documentaire approfondie des principaux rapports et publications scientifiques et techniques de référence, afin de caractériser le climat, ses évolutions passées et futures et ses impacts sur les systèmes agro-sylvo-pastoraux et sur les ressources halieutiques à l'échelle nationale et sub-nationale. Cette revue a permis de synthétiser et de relever les points forts et les lacunes en matière d'analyse du climat et d'analyse de la sécurité alimentaire susceptibles d'être comblées en Etape 2 :

- Les principaux facteurs et phénomènes climatiques impactant la production agro-sylvo-pastorale et la pêche ;
- Les tendances climatiques historiques et futures et leurs impacts sur la production et la sécurité alimentaire ;
- Les évolutions passées et les projections de la production, des politiques agricoles et de la sécurité alimentaire ;
- Les études d'impact du changement climatique sur la production et la sécurité alimentaire.
- Les politiques, programmes et projets institutionnels de changement climatique en agriculture.

Certains aspects spécifiques de la sécurité alimentaire méritent une attention particulière, notamment les questions liées à la nutrition et à l'utilisation biologique des aliments. Il a donc été nécessaire d'établir des liens avec les services de santé concernée (besoins de statistiques nationales notamment) et de s'intéresser spécifiquement aux rôles respectifs des hommes et des femmes autour des questions alimentaires et nutritionnelles dans une

approche de genre. La collaboration avec le Ministère de la Santé s'est limitée à un entretien direct et quelques échanges postérieurs, mais sans partage de données.

Parallèlement, un espace partagé contenant l'ensemble des documents de référence et les études disponibles en format numérique a été construit avec environ 1500 documents collectés durant l'étude.

b. Tâche 2 : Analyse quantitative des évolutions passées et futures du climat de l'impact attendu du changement climatique sur la sécurité alimentaire et les ressources naturelles en Tunisie

Cette tâche consistait à quantifier l'aléa climatique, à caractériser les évolutions passées, à dégager des tendances affectant au niveau national les systèmes agro-sylvo pastoraux et les ressources halieutiques, à analyser les incertitudes et à fournir des projections futures robustes des principaux paramètres climatiques (températures minimales, températures maximales et précipitations, ETP) pour les scénarios 8.5 et 4.5 aux horizons 2050 et 2100 afin de répondre aux besoins de la modélisation des effets du CC sur les systèmes productifs étudiés et la sécurité alimentaire étudiés en étape 2.

Traitement des données climatiques

- *Point sur la disponibilité des données INM*

Lors de la phase de démarrage ont pu être organisées plusieurs réunions de travail avec l'INM. Une demande de mise à disposition des données INM a été préparée et transmise officiellement par le MARHP au DG de l'INM.

L'INM a accédé partiellement à cette demande et mis à disposition les données suivantes :

- **Climat historique :**
 - Les tendances de 27 indices de l'ETCCDDI sur 22 stations de la Tunisie ;
 - La base de données CHIRPS disponible gratuitement sur internet permet d'extraire les données historiques des stations de l'INM qui comptent pour la validation des interpolations sur la grille de travail des données climatiques.
- **Climat futur :**
 - Les projections futures de température (Tmin, Tmax, Tmean) et de précipitation pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 ;
 - Les projections de 7 indices d'extrêmes climatiques pour le scénario RCP8.5.
- **Relation climat/rendements :**
 - Les travaux réalisés par l'INM sur les gouvernorats de Médenine et de Zaghuan concernant les modèles statistiques climat/rendement pour les céréales et l'olivier, ont été partagés mais pas les données d'observation.

- *Approche méthodologique*

Les données de projection climatiques développées par l'INM utilisent les projections d'EUROCORDEX qui sont disponibles à 12,5 km de résolution. Afin de disposer d'une donnée suffisamment fine spatialement pour établir les cartes de vulnérabilité en Etape 2, une descente d'échelle statistique à 5 km des projections INM a été opérée. Les projections

futures de Température T (min, moyen et max) et de Précipitations P ont été calculées sur une maille de 5 km corrigée ce qui correspond à une avancée majeure dans le contexte tunisien. Pour réaliser cette descente d'échelle et cette correction supplémentaire à 5 km, il aurait été nécessaire de disposer des données historique de l'INM au pas de temps journalier sur la Tunisie. Mais ces données n'étaient pas disponibles gratuitement et l'INM n'a pas accepté de les mettre à disposition de cette étude. D'autre part ces données sont des données ponctuelles et non grillées. Leur transformation en données grillées nécessiterait des traitements géostatistiques lourds qui vont au-delà des possibilités de cette étude. Pour contourner cette contrainte, des données historiques grillées disponibles à partir de portails climatiques en accès libre ont été utilisées :

- **ERA-5** pour les températures (validé avec certaines stations tunisiennes disponibles gratuitement dans TRMM ou NCDC) ;
- **Chirps (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data)**. CHIRPS a déjà été validé par l'INM sur certaines stations.

La descente d'échelle a été réalisée à l'aide de méthodes géostatistiques. Pour les précipitations qui présentent une forte hétérogénéité spatiale et temporelle, une méthode de type quantile-quantile a été appliquée permettant de travailler de façon fine sur l'ensemble des valeurs de la distribution. Pour les températures qui sont bien plus homogènes et pour lesquelles les données observées à haute résolution spatiale et temporelle ne sont pas disponibles, une méthode simplifiée basée sur les valeurs moyennes mensuelles a été appliquée.

Plusieurs indices pertinents sur l'agriculture ont été calculés en périodes historiques et futures (2050 et 2100). Ces indices ont été définis en étape 2 afin de refléter les principaux aléas et impacts du CC sur l'agriculture. Ils n'ont malheureusement pas été discutés et précisés lors des focus group qui auraient dû être organisés localement avec les agriculteurs, conséquence de l'impossibilité de réaliser des missions de terrain au printemps 2020.

L'accord de rétrocession des données produites par l'étude a par ailleurs été reconfirmé avec l'INM.

Bilans hydriques

Pour les bilans hydriques, l'étude a valorisé des données officielles publiées. Dans le cas des eaux de surface, le bilan a été présenté par grands bassins versants (l'extrême nord, la Medjerda, Méllègue et Cap Bon, Tunisie Centrale et Sahel et le Sud), et pour les eaux souterraines il a été présenté par nappes ou par région (nord-ouest, nord-est, centre ouest, centre est, sud-ouest et sud-est). L'analyse des bilans hydriques n'a pas inclus les flux d'eau virtuelle.

Afin d'affiner l'analyse des bilans hydriques, il a été nécessaire de travailler à partir de différentes données disponibles en support numérique, telles que les séries pluviométriques et piézométriques de la DGRE, ainsi que celles relatives aux prélèvements d'eau par secteur (DGRE, SONEDE, SECADENORD, DGBDTH, BPEH), et enfin, celles concernant les eaux usées (ONAS, DGGREE). Les données de précipitations futures issues des modèles utilisés, ont été traitées par bassin versant pour les horizons 2050 et 2100 et les deux scénarios. C'est la première fois qu'une telle analyse est réalisée.

ii) ÉTAPE 2. Évaluation des facteurs de vulnérabilité au climat et identification des options

a. Tâche 3 : Quantification des impacts potentiels du changement climatique sur les systèmes agro-sylvo-pastoraux et les ressources halieutiques en Tunisie

Cette tâche a consisté à analyser les impacts potentiels du changement climatique sur les systèmes agro-sylvo-pastoraux et les ressources halieutiques et leurs implications en termes de sécurité alimentaire en Tunisie. Pour la production agricole, ce travail s'est articulé autour de deux axes : 1) modélisation statistique de l'évolution des rendements agricoles pour les productions étudiées et 2) modélisation spatiale en systèmes d'information géographique de l'évolution des aires de répartition des cultures et des parcours grâce à une chaîne de modélisation déjà mise en place et éprouvée, notamment au Maroc, par les experts internationaux (Projet FAO et ACCAGRIMAG de l'AFD/FFEM) ainsi qu'à une forte connaissance du climat et des agrosystèmes tunisiens par les experts locaux. Elle se décompose en :

1. **Modélisation de l'impact du changement climatique sur la productivité des cultures et de la biomasse pastorale**, qui sera réalisée grâce l'établissement de relations statistiques entre les rendements des cultures et la production de biomasse d'une part et les données climatiques historiques d'autre part. L'échelle administrative de collecte des données de statistiques agricoles a été celle des Gouvernorats.

La méthodologie statistique pour lier les données climatiques aux statistiques agricoles est inspirée de Gomme² et al. (2008), qui a déjà été mise en œuvre avec succès au Maroc et en Tunisie. Elle consiste à développer, pour chaque culture et pour chacun des Gouvernorats, une fonction statistique qui relie les rendements agricoles aux données climatiques agrégées à l'échelle des Gouvernorats. Pour l'évaluation de la production d'unités fourragères, il n'existaient pas de statistiques désagrégées par gouvernorat. Une approche alternative a donc été construite en se basant sur les inventaires forestiers et pastoraux nationaux de 1990 et de 2000 couplés avec les résultats d'études et publications validées par les services compétents du MARHP.

La modélisation des rendements agricoles a été basée sur des régressions multiples entre les rendements et les paramètres climatiques. Étant donné que les données climatiques sont procurées à des mailles spatialement plus fines que celles des données de production (échelle gouvernorat), le masque agricole de l'inventaire forestier national a été utilisé pour mieux délimiter les zones céréalières, les oliveraies et les zones de parcours pour chaque gouvernorat. Ainsi, le climat moyen par Gouvernorat (uniquement sur les zones agricoles) a été calculé et utilisé pour la modélisation des rendements. Par la suite, l'impact du CC sur les rendements est évalué en appliquant les conditions climatiques futures issues des projections produites en étape 1 (RCP 8.5 et 4.5 ; horizons 2050 et 2100) aux relations statistiques ainsi établies. Cette partie s'est nourrie des nombreuses publications scientifiques de modélisation existant en Tunisie³ et à l'international, afin d'identifier au

² http://www.fao.org/nr/climpag/pub/FAO_WorldBank_Study_CC_Morocco_2008.pdf

³ Par exemple: Sghaier M., M. Ouassar 2013. L'oliveraie tunisienne face au changement climatique : Méthode d'analyse et étude de cas pour le gouvernorat de Médenine ; Grami & Ben Rejeb, 2015. L'impact des changements climatiques sur le rendement de la céréaliculture dans la Région du Nord-Ouest de la Tunisie (Béja). New Medit, vol 14, n. 4, (December 2015), pp. 36-41

préalable les paramètres climatiques les plus déterminants pour la production céréalière et de l'olivier. Cette partie comprend :

- Collecte des données historiques de rendements et de superficie des céréales (blés et orge), de l'olivier et de biomasse des principales espèces pastorales disponibles en Tunisie par Gouvernorat et mises à la disposition des experts de l'équipe ;
- Développement d'une base de données climatique par Gouvernorat, à partir des données CHIRPS filtrées sur les zones agricoles.
- Développement de relations statistiques par Gouvernorat entre les données historiques de rendements / biomasse et les données historiques de pluviométrie et de températures CHIRPS filtrées ;
- Utilisation des relations statistiques entre les rendements/production de biomasse et les données climatiques historiques, développées précédemment, pour produire des projections agro-sylvo-pastorales et leurs incertitudes par Gouvernorat, à partir des données climatiques futures (RCP 8.5 et 4.5 ; horizons, 2050 et 2100) issues de l'étape 1.

2. **Modélisation de l'impact du CC sur les aires de répartition géographique des cultures⁴ et des parcours**, a été réalisée grâce au logiciel DIVA-GIS (<http://www.diva-gis.org/>) qui intègre une large base de données « ECOCROP » des exigences écologiques des cultures fournie par la FAO. L'aire de répartition des cultures en fonction des conditions climatiques (pluviométrie et températures maximale et minimale) est spatialisée en situation actuelles et en situation future. L'aire de répartition géographique d'une culture donnée a été évaluée vis-à-vis de la température et de la pluviométrie et celle des parcours a été fait sur la base des points d'occurrence pris dans le deuxième inventaire forestier et pastoral national (DGF.2010) :

Paramètres de température (évaluée sur une échelle de 0 à 100%) :

- **KTMP** : température absolue létale pour la culture ;
- **TMIN** : température moyenne minimale à laquelle la culture se développera ;
- **TOPMAN** : température moyenne minimale à laquelle la culture va croître de façon optimale ;
- **TOPAMAX** : température moyenne maximale à laquelle la culture va croître de façon optimale ;
- **TMAX** : température moyenne maximale à laquelle la plante cessera de croître.

Si la température moyenne minimale dans un des mois est au plus égale à 4°C au-dessus de KTMP, alors on suppose que, en moyenne, KTMP sera atteint un jour du mois, et que la culture va donc mourir. L'aptitude climatique de la culture vis-à-vis de la température pour ce mois est donc de 0%. Dans le cas contraire, l'aptitude vis-à-vis de la température pour ce mois est évaluée en utilisant les autres paramètres de température. L'aptitude climatique globale d'une culture vis-à-vis de la température en une maille de la grille climatique est égale au score d'aptitude le plus faible obtenu en n'importe quel mois de la saison de croissance.

Paramètres de pluviométrie (Aptitude évaluée sur une échelle de 0 à 100%) :

⁴ Voir par exemple : <http://w3w.inra.ma/docs/accagrimag/assagric/Brochangclimregfesmek.pdf>

- **Rmin** : précipitations minimales (mm) au cours de la saison de croissance ;
- **Rmin** : précipitations optimales minimales (mm) au cours de la saison de croissance ;
- **Rmax** : précipitations optimales maximales (mm) au cours de la saison de croissance ;
- **Rmax** : précipitations maximales (mm) au cours de la saison de croissance.

La méthode d'évaluation de l'aptitude climatique d'une culture vis-à-vis des précipitations est similaire à celle de la température, excepté le fait qu'il n'y a pas de précipitations létales et qu'il n'y a qu'une seule évaluation pour toute la période de croissance (le nombre de mois définis par Gmin et Gmax) et non pour chaque mois. L'aptitude climatique d'une culture vis-à-vis des précipitations est égale au score le plus élevé (en pourcentage), pour une saison de croissance, à partir de n'importe quel mois de l'année. **Aptitude totale = Aptitude (Temp.) * Aptitude (Préc.)**

3. **Analyse spatiale de la vulnérabilité** : sur la base des aires de répartition et en comparant entre situation actuelle et situation sous CC, une analyse de la vulnérabilité par grande région a été construite.
4. **Caractérisation de la géographie future et des déplacements possibles des principaux systèmes de production étudiée** : à partir de la modélisation de l'évolution des aires agro-climatiques, apparaissent les évolutions et déplacements (tenant compte des incertitudes existantes) des grands systèmes de production étudiés. Un rendu cartographique (zonage dynamique) a été produit afin de rendre compte des changements possibles et des incertitudes les entourant. La validation des aires de distribution potentielle a été faite en masquant les zones urbaines, les infrastructures, les cours et plan d'eau, sebkas, désert, qui seront extraits à partir des résultats du dernier inventaire forestier et pastoral national (DGF. 2010 - réalisé avec des prises de vues de l'année 2000) et en utilisant aussi des filtres thématiques choisis selon la disponibilité de l'information en format vectoriel géo spatialisée (foncier entre autres).
5. **Évaluation de l'impact du changement climatique sur la production agricole et pastorale et la sécurité alimentaire**. L'impact a été quantifié en tenant compte de l'évolution de la productivité des cultures/biomasse et de la réduction de leurs aires de répartition. Cela permet d'évaluer l'évolution de la disponibilité des produits agricoles dans le temps.

Le secteur de la pêche (hors aquaculture) qui constitue un élément conséquent dans l'équilibre économique et social de la Tunisie, a donné lieu à la construction d'une démarche expérimentale d'évaluation du potentiel productif futur, tenant compte de l'extrême complexité des dynamiques en cours (nombreuses espèces, pression anthropique, invasions d'espèces exotiques). Pour ce faire, de nombreuses sources d'information secondaires ont été exploitées et un groupe de travail incluant des acteurs institutionnels pertinents (DGPAq, INSTM, INAT) a été constitué afin de piloter l'exercice.

b. Tâche 4 : Analyse de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire en Tunisie

Cette activité devait permettre de mieux caractériser différents systèmes de production, d'apprécier leur vulnérabilité déjà observée au CC, d'évaluer leurs performances et leurs contraintes en termes d'adaptation et leurs évolutions prévisibles compte tenu des projections et d'identifier et de mettre en discussion des trajectoires et options d'adaptation possibles.

L'organisation de focus group avec des producteurs agricoles et des pêcheurs organisés (hommes et femmes) sous forme de groupement ou de société mutuelle était initialement prévu. Mais la crise sanitaire qui débute en 2020, nous a amené à construire une démarche alternative du fait que les missions de terrain n'étaient plus possible.

Un panel de 91 personnes (hommes et femmes) pour moitié conformé par des producteurs et pêcheurs de différentes régions et de techniciens, ingénieurs et chercheurs a été conformé et des entretiens approfondis ont été menés le plus souvent à distance afin de recueillir des informations à partir d'une grille d'enquête autour de trois axes : les effets ressentis du CC dans leurs pratiques productives ; les innovations récentes ou en cours de validation qui ont permis de réduire l'impact du CC ou de profiter de nouvelles opportunités ; les conditions nécessaires pour accélérer le rythme et l'ampleur de l'adaptation de leurs systèmes de production.

Parallèlement, cinq panels thématiques ont été organisés (Céréales, Olivier, Eau, Parcours, Pêche) pour analyser géographiquement la vulnérabilité et les risques associés à ces activités du fait du changement climatique en déployant la méthode d'évaluation DELPHI⁵ et les outils correspondants. Cette évaluation s'est déroulée en deux étapes.

⁵ Fondation pour la recherche sur la biodiversité, 2018. La méthode Delphi. Outils d'aide à la décision.

Thinh Nguyen A., Dung Vu A., T. H. Dang G., Huy Hoang A., Hens L., 2017 How do local communities adapt to climate changes along heavily damaged coasts? A Stakeholder Delphi study in Ky Anh (Central Vietnam). Environment Development and Sustainability. Doi : 10.1007/s10668-017-9908-x

Méthode d'évaluation DELPHI

DELPHI a été développé pour évaluer ou prendre des décisions « **à dire d'experts** » tout en réduisant certains risques tels que le manque d'objectivité, l'influence de groupes de pression, ou encore la convergence des évaluations vers l'avis d'un ou plusieurs « meneurs » de groupe. DELPHI repose sur le **partage anonyme d'avis argumentés de manière itérative** : un coordinateur recueille les avis argumentés, les synthétise et les remet à disposition des experts pour qu'ils s'expriment à nouveau. L'évaluation a fait appel à des panels d'experts qui ont été invités remplir un grille de notation. Il faut **au minimum une dizaine d'experts participants** pour mener un tel exercice. Les experts sont choisis sur leur **qualité en privilégiant la diversité**. Les experts peuvent ne pas répondre aux questions pour lesquelles ils estiment ne pas avoir une expertise suffisante. Le processus d'évaluation se réalise au moins en deux tours :

- 1- Les experts répondent à un premier questionnaire leur demandant **d'attribuer des notes à chacune des propositions** en justifiant **leurs choix**. Les résultats du questionnaire sont analysés et synthétisés.
- 2- Un deuxième questionnaire comprenant la **présentation (anonyme) des résultats du premier tour** et les arguments avancés pour justifier les choix de chacun permet de prendre **connaissance de l'avis des autres**, puis de noter à nouveau les critères et ainsi d'avoir la **possibilité de modifier leur avis** par rapport aux premières réponses.

Les résultats sont analysés et synthétisés de manière statistique à l'issue de chaque tour :

- Calcul de la médiane et intervalle interquartile [Q1 ; Q3] des notes des experts pour chaque question
- Mesurer le niveau de consensus en analysant la dispersion des résultats pour chaque question :
 - o Calcul de l'écart moyen absolu à la médiane (EAM) : inférieur ou proche de 1 signifie qu'il y a consensus.
 - o Identifier les notes qui se trouvent en dehors de l'intervalle interquartile et correspondent aux jugements extrêmes.
- Les résultats sont représentés, sous forme de boxplots par exemple (médiane, intervalle interquartile, minimum et maximum), pour l'envoi aux experts.

L'EAM et l'intervalle interquartile devraient **se réduire au fur et à mesure des tours**. Un test de Wilcoxon peut être réalisé afin de mesurer le niveau de convergence entre deux tours de l'enquête. Il est possible de mesurer le niveau de consensus global en calculant le coefficient de concordance de Kendall.

Avantages et limites de la méthode DELPHI

Avantages	Limites
La consultation peut se faire à distance	Certains participants peuvent se lasser et abandonner si le nombre de tours est trop grand
La mise en commun des résultats favorise la réactivité et l'expression	La convergence s'obtient à travers l'agrégation autour de valeurs centrales qui ne signifie pas forcément la cohérence (tout le monde peut être d'accord mais se tromper)
La consultation individuelle et anonyme minimise les effets liés à certaines personnalités (leader, échanges agressifs...) et assure la retranscription de tous les avis	La formulation et l'enchaînement des propositions peut avoir une influence sur les réponses des experts
La consultation permet l'expression de connaissances difficilement accessibles (savoirs locaux...)	

iii) **ETAPE 3. Identification et évaluation des options d'adaptation**

a. Tâche 5 : Identification des options d'adaptation au changement climatique

Par rapport à l'offre initiale, la phase de démarrage a montré que de nombreux travaux de prospective existent en Tunisie concernant notamment le développement socio-économique du pays (CDN), celle du secteur agricole (Stratégie agricole et céréalière), du changement climatique (Stratégie Nationale CC) ou encore de la gestion des ressources naturelles.

Il était proposé de co-construire avec le MARHP et les acteurs clés de la démarche un scénario tendanciel de ce que pourrait être la situation future en croisant évolutions agricoles et climatiques.

Dans la pratique, cette activité s'est limitée à l'analyse des informations recueillies lors des entretiens.

Sur cette base, les experts ont construit deux scénarios d'adaptation contrastés (poursuite des tendances actuelles et trajectoire de transformation) avec un ensemble limité d'options possibles (20 options).

b. Tâche 6 : Hiérarchisation des options d'adaptation de l'agriculture

L'objectif de cette tâche était de réfléchir aux conditions nécessaires pour arriver à un changement de paradigme, en partant d'une situation actuelle où les options présentes d'adaptation seront insuffisantes pour réduire la vulnérabilité future (situation « *business as usual* ») et en aboutissant à une situation désirée (« théorie du changement ») où les options potentielles d'adaptation permettront de réduire fortement la vulnérabilité des agro systèmes au CC). Pour se faire, une grille d'analyse multicritères (10 critères) a été construite et chaque scénario a été évalué par les experts pour déboucher sur une hiérarchisation (un consensus) autour des mesures / options répondant le mieux aux critères d'analyse.

c. Tâche 7 : Analyse des impacts non intentionnels des mesures d'adaptation

Cette tâche consiste à évaluer les co-bénéfices des différentes options dans le domaine environnemental, social, économique et notamment leur contribution à la réduction de la pauvreté et l'atteinte des Objectifs de Développement Durable en Tunisie. Un focus a donc été réalisé sur la question des avantages « non-intentionnels » et des co-bénéfices de manière à maximiser ceux-ci dans l'adaptation du secteur agricole et la résilience de la sécurité alimentaire.

Cette tâche cherchait à répondre à un certain nombre de questions et de considérations particulièrement centrales pour les décideurs tunisiens :

- Contribution des options à la lutte contre la pauvreté et à l'emploi cf ODD;
- Effet en termes d'équilibre des territoires notamment à littoral vs intérieur du pays ;
- Impacts en termes de revenus et de sécurité alimentaire des populations rurales les plus fragiles ;
- Impacts sur la durabilité des ressources naturelles.

d. Tâche 8 : Cadre de mise en œuvre des options d'adaptation

Cette tâche consistait à élaborer une ébauche de cadre de mise en œuvre des options d'adaptation. Il s'agissait d'une part de tirer des enseignements de la mise en œuvre actuelle de projets et mesures d'adaptation dans le secteur agricole et la pêche. Ceci constitue une base pour dessiner un cadre de mise en œuvre, précisant les conditions de réalisation des options évaluées précédemment, les parties prenantes clés, les possibilités de financement, les barrières à lever, et les mesures de renforcement de capacités nécessaires pour leur réussite (institutionnelle, technique, financière).

iv) Aspects transversaux

a. Prise en compte du genre

« L'approche Genre et Développement promeut l'égalité des droits, ainsi qu'un partage équitable des ressources et responsabilités entre les femmes et les hommes. En tant que méthodologie, l'approche Genre produit une analyse comparée de la situation des femmes et des hommes tant d'un point de vue économique que social, culturel et politique. Elle est transversale et aborde tous les champs du développement. Elle conduit à la remise en cause des représentations et pratiques inégalitaires, individuelles et collectives. Dans le monde rural et agricole de la plupart des pays, les femmes sont particulièrement désavantagées par rapport aux hommes, alors que leur contribution est très importante »⁶.

A partir de la revue bibliographique relative à la Tunisie, il a été possible d'établir une situation de référence sur les rôles et responsabilités différenciées entre les hommes et les femmes dans le secteur agricole, et pour les filières objet de l'étude (céréales, olivier, élevage extensif, pêche). Cette approche devait permettre de mieux comprendre comment mobiliser des leviers permettant d'augmenter l'efficacité des solutions d'adaptation pour les hommes et pour les femmes. Le MARHP dispose d'une chargée de mission « Genre ». Plusieurs échanges ont été assurés durant l'étude afin d'augmenter les synergies entre nos différents efforts. Il est ressorti de cette entrevue les éléments suivants :

b. Concertation et communication

Compte tenu du fait que cette étude se situe au tout début du processus de formulation du PNA, autant que du fait qu'il existe une forme particulière de scepticisme de nombreux acteurs privés vis à vis de la réalité des CC et de la pertinence de mettre en œuvre un processus de réflexion et planification spécifique aux défis posés par les CC, il apparaît nécessaire de porter une attention particulière à la communication du présent projet. Un effort a donc été consenti pour informer les acteurs publics et privés du lancement de cette étude et publier régulièrement des informations qui pourront être reprises sur les sites institutionnels du MARHP (page Facebook, site ONAGRI), de l'AFD et des autres institutions partenaires (FAO, PNUD, INM, APAL, MALEn notamment). Plus d'une centaine de cadres publics et privés ont ainsi été associés au processus de cette étude.

Cet effort a été relayé au sein même de l'administration (MARHP et ses partenaires), notamment en informant par courrier officiel les commissaires au développement agricole des 24 gouvernorats du lancement de cette étude. Du fait même de la complexité des sujets traités, un effort spécifique de communication a été entrepris pour restituer de manière accessible aux décideurs publics et à la société civile les principaux résultats de l'étude. Cela prend la forme d'une note de synthèse d'une dizaine de pages illustrée de cartes et schémas synthétiques. Cette note présente les conclusions de l'étude sous forme de messages clefs facilement intelligibles pour des non spécialistes.

⁶ Boîte à outils genre : Agriculture, Développement Rural et Biodiversité, AFD, 2016 <https://www.afd.fr/fr/boite-outils-genre-agriculture-developpement-rural-et-biodiversite>

v) Rappel de l'organisation du travail de l'équipe

Tableau 1 : Organisation de l'équipe en charge du projet

Expert	Nom	Responsabilités / Domaines d'intervention
Politiques Agricoles et gestion des RN - Chef d'équipe	Denis POMMIER	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination de l'étude et pilotage stratégique de l'analyse de la SA • Revue et mise en cohérence des différentes études et supervision des rapports de fin d'étapes et synthèses. • Coordination et réalisation de l'étape 3 / Contribution aux scénarios et évaluation des options d'adaptation / Animation des ateliers
Vulnérabilité et Adaptation au CC	Stéphane SIMONET	<ul style="list-style-type: none"> • Appui à l'étape 1 et à la définition du jeu d'indicateurs climatiques • Coordination de l'étape 2, cadrage méthodologique des Etapes 2 et 3 et contribution aux livrables des étapes 2 et 3 • Analyse des impacts du CC sur les systèmes de production et la SA • Identification et évaluation des options d'adaptation
Économiste & politiques agricoles Chef d'équipe adjoint	Mustapha JOUILI	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et supervision des enquêtes et focus groupes • Coordination de l'étude en Tunisie lorsque le Chef de mission n'y est pas présent • Contribution à la rédaction des synthèses et à la mise en cohérence des livrables thématiques • Organisation des ateliers • Contribution à l'analyse des impacts sur la sécurité alimentaire et à l'évaluation économique des options d'adaptation.
Climatologue & Scénarios et données climatiques	Céline DEAN-DREIS	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination de l'étape 1 et contribution à la rédaction des livrables de l'étape 1 • Traitement et organisation des données climatiques • Analyse des tendances passées et scénarios climatiques futurs, calculs d'indicateurs d'aléas, tests et analyses statistiques, évaluation de l'incertitude, etc. • Organisation des données climatiques en sortie de l'étape 1 pour les rendre disponibles pour les modèles d'impact de l'étape 2
Systèmes de production /modélisation agro-climatique	Riad BALAGHI	<ul style="list-style-type: none"> • En charge de la caractérisation et de la modélisation statistique de la productivité des cultures et des parcours en Etape 2 • Analyse sous SIG de l'évolution des aires de répartition et cartes de vulnérabilité • Contribution à l'analyse des impacts sur les systèmes et la sécurité alimentaire et au livrable de l'étape 2 • Contribution à l'évaluation des options en Etape 3
Gestion des Sols/bio-climatologie	Rim ZITOUNA	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte des données statistiques de rendements et contribution à la modélisation des rendements • Contribution à l'analyse des impacts sur les systèmes et la sécurité alimentaire et livrable de l'étape 2 • Contribution à l'évaluation des options en Etape 3 avec un focus sur la conservation et la gestion des sols
Gestion des ressources en Eau	Rachid KHANFIR	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de l'évolution de l'offre d'eau et des stratégies d'économie d'eau • Contribution à l'analyse des impacts sur les systèmes et la sécurité alimentaire et livrable de l'activité 2 • Contribution à l'évaluation des options de l'activité 3 avec un focus sur les ressources en eau
Gestion des forêts et parcours	Kamel TOUNSI	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte des données statistiques de biomasse herbacée et contribution à la modélisation des impacts sur les parcours et l'élevage • Contribution à l'analyse des impacts sur les systèmes et la sécurité alimentaire et aux livrables de l'étape 2 • Contribution à l'évaluation des options en Etape 3 avec un focus sur l'adaptation des systèmes d'élevage et de la gestion des parcours et des ressources naturelles.

Une étroite collaboration a été mise en place avec les principaux partenaires du projet, en particulier, le CG3C au sein du MARHP, les services de l'INM qui gèrent les données climatiques historiques et les projections et les DGEDA et DGPAq qui produisent les données concernant l'agriculture, l'élevage et la pêche.

1. CHAPITRE 1 : PREMIERE ETAPE

ANALYSE DES EFFETS DES SCENARIOS DE CHANGEMENT CLIMATIQUE RCO 4.5 ET RCP 8.5

1.1. Analyse de la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Tunisie

1.1.1. Rappel du concept de la Sécurité Alimentaire

Le concept de sécurité alimentaire⁷ n'est pas unique et universel. Il a évolué depuis son apparition dans les années 70. Plus de trente définitions ont pu être repérées entre 1975 et 1991 (MAXWELL et FRANKENBERGER, 1995), ce qui montre la diversité des approches. Il a évolué à partir de considérations économiques et quantitatives vers des dimensions plus sociales et qualitatives.

Les différentes définitions mettent en évidence quatre types d'évolutions :

- Du niveau macro au micro, de l'évaluation des stocks nationaux de denrées alimentaires vers le niveau familial
- Du niveau suffisance de l'offre alimentaire, vers une préoccupation de satisfaction de la demande
- Du niveau du ménage vers le niveau individuel
- Du court terme (l'année) vers le long terme (à tout moment)

Aujourd'hui, la définition de référence est celle adoptée lors du Sommet mondial de l'alimentation de 1996 :

« La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active ».

Les quatre piliers de la sécurité alimentaire qui se dégagent implicitement de cette définition sont : i) la disponibilité ii) l'accès, iii) l'utilisation et iv) la stabilité des trois premières dimensions. La nutrition fait partie intégrante du concept de sécurité alimentaire (FAO, 2009a).

⁷ <http://www.fao.org/3/ab788f/ab788f07.htm>

1.1.2. Politiques de sécurité alimentaire depuis l'indépendances

En plus de la courte période libérale (1957-1961) pendant laquelle les impératifs de construction nationale et de reconquête de la souveraineté ont orienté les politiques de l'Etat, on peut distinguer quatre périodes successives depuis l'indépendance : collectivisation (1962-1969) ; libéralisme contrôlé (1970-1985) ; désengagement progressif et privatisation (1986-1995) et enfin depuis 1995 une période d'ouverture croissante sur le marché extérieur, qui continue après 2011.

La collectivisation (1962-1969)

Marquée par le dirigisme étatique, elle a officiellement poursuivi l'objectif d'atteindre l'autonomie alimentaire en 10 ans. Pourtant le rôle assigné à l'agriculture était de soutenir les autres secteurs économiques en particulier l'industrie et le tourisme en fixant des prix bas aux producteurs et en bloquant les salaires des ouvriers. Avec la réforme des structures agraires – création de coopératives par collectivisation des terres – il s'agit de moderniser l'agriculture (mécanisation et nouvelles techniques de production). De grands aménagements hydrauliques sont décidés et la surface des périmètres irrigués double entre 1960 et 1969 pour atteindre 110 000 Ha.

Avec la dégradation du niveau de vie des coopérateurs, les difficultés financières des UCP auxquelles s'ajoutait l'hostilité à la fois des paysans et de la bourgeoisie foncière, l'expérience de la collectivisation est un échec et tourne court.

Libéralisme avec contrôle étatique (1970-1985)

Dès le début des années 1970, la stratégie de développement a été axée sur l'industrie exportatrice (notamment textile, chaussures) tout en maintenant comme rôle principal à l'agriculture, la fourniture de produits alimentaires à bas prix afin de préserver l'avantage compétitif de la Tunisie fondé sur les bas salaires aux ouvriers.

En termes réels et exception faite des viandes ovine et bovine, les prix à la production des produits agricoles de base ont plutôt eu tendance à baisser affectant les revenus des producteurs (Bedoui 1989, Ben Romdhane 1983, Sethom 1992).

L'Etat a soutenu l'agriculture avec la bonification des taux d'intérêt et avec des subventions (mécanisation, engrais chimiques, irrigation) dont ont bénéficié en particulier les grands propriétaires fonciers. (Dimassi 1983, Sethom 1992).

Désengagement et privatisation (1986-aujourd'hui)

Avec la mise en place d'un Programme d'ajustement structurel (PAS) et sa composante agricole (PASA) le pays a connu une accélération de l'ouverture commerciale. Pour l'agriculture, l'objectif était le renforcement de sa contribution à la croissance économique, à l'équilibre de la balance des paiements et à la création d'emplois, et ce notamment par des incitations au secteur privé.

Il s'agit alors de relever les prix aux producteurs, de réduire les subventions accordées aux intrants, de désengager les services publics des activités concurrentielles au profit du secteur privé, de restructurer la recherche et vulgarisation et rationaliser l'utilisation des

⁸ Note détaillée en annexe IV

ressources naturelles. Parallèlement, des réformes du régime foncier et du crédit agricole ont été entreprises pour encourager l'entrepreneuriat privé.

C'est dans ce cadre qu'a été promulgué le code unique d'incitation à l'investissement en 1993 et que des terres appartenant au domaine de l'Etat ont été cédées en concession à des sociétés de Mise en Valeur et de Développement Agricole (SMVDA) et à des techniciens agricoles.

Ouverture croissante sur les marchés extérieurs (De 1995 à nos jours)

Cette période est caractérisée par une accélération du processus de libéralisation économique et d'ouverture des marchés. L'adhésion à l'OMC (1995), puis l'accord d'association avec l'UE (1998) témoignent de cette plus grande ouverture commerciale.

L'accent a été mis sur la poursuite de la « mise à niveau » du secteur agricole, la consolidation du rôle de la profession ; l'amélioration de l'environnement général du secteur et la mise en œuvre de multiples stratégies sous-sectorielles de production, ainsi que la promotion de l'investissement privé, national et international.

La transition post-révolution après 2011 aurait pu déboucher sur un recentrage du rôle de l'agriculture dans le modèle de développement national, une meilleure prise en compte des intérêts des producteurs agricoles majoritaires, le renforcement du rôle des services publics en matière de formation et d'accompagnement, une nouvelle vision en matière de gestion des écosystèmes et des ressources essentielles que sont les sols et les eaux, ainsi qu'une remise à plat des politiques foncières, notamment pour les terres domaniales. Force est de constater que la politique de développement rural et agricole est restée à ce jour, dans la continuité des anciennes orientations, alimentant ainsi l'instabilité politique et sociale qui caractérise l'étape actuelle.

1.1.3. La disponibilité alimentaire actuelle

Les agriculteurs(trices) et l'accès aux ressources productives

Qui sont-ils – elles ?

L'enquête des structures agricoles de 2005 estime à 516.000 le nombre d'exploitants (contre 326.000 en 1960) dont 6% seraient aux mains de femmes cheffe d'exploitation.

En 2017, le Ministère de l'Agriculture évalue à environ 550.000 le nombre de femmes travaillant dans le secteur agricole, dont 43 000 dirigent une unité de production et près de 100 000 sont des salariées temporaires et permanentes. Elles représentent 38% de l'ensemble de la force de travail du secteur.

Seuls 44% des exploitants exercent l'agriculture comme activité principale. L'agriculture n'est pas l'activité principale de la moitié de ceux qui possèdent moins de 5 ha et de 20% de ceux qui possèdent 50 ha ou plus. L'âge moyen des exploitants ne cesse d'augmenter, il est passé de 50 ans en 1980 à 54 ans en 2004. L'exode rural a touché principalement les jeunes. En 2005, 84 % des agriculteurs ont un niveau d'instruction primaire et 3 % ont suivi des études supérieures. L'analphabétisme touche un agriculteur sur deux.

Accès à la terre

En Tunisie, la superficie agricole totale est estimée à 10,2 millions d'hectares, soit 63 % du territoire, dont 4,8 millions d'hectares de terres cultivables et 4,8 millions d'hectares de terres de parcours et 0.6 millions d'ha de forêts (INS 2012).

Selon l'enquête des structures (CNEA, 2005), la répartition des exploitations selon leur taille montre que :

- 75% disposent de moins de 10 ha et occupent 25% de la surface ;
- 22% disposent de 10 à 50 ha et occupent 41% de la surface ;
- 3% disposent de plus de 50 ha et occupent 34% de la surface.

Ces données mettent en évidence à la fois l'existence d'un morcellement foncier, mais également le poids des exploitations de taille moyenne, ainsi que la concentration foncière de la terre agricole pour un tiers des surfaces.

Bien que les statistiques nationales ne permettent pas de rendre compte de l'accès au foncier selon le genre, celui-ci est plus difficile pour les femmes. Le Code du Statut Personnel de 1956 stipule que : i) Les époux héritent l'un de l'autre mais différemment selon qu'il y a progéniture ou non : le mari hérite le quart ou la moitié des biens de son épouse qui, elle, n'hérite que du huitième ou du quart du mari. ii) La fille hérite de la moitié de la part du fils. Dans certaines régions rurales, la tradition interdit aux femmes d'hériter des terres de leurs parents. Il est courant que la part des filles dans l'héritage soit réduite au profit des garçons, en contradiction avec la loi. A noter que le partage égalitaire est possible si le propriétaire exprime sa volonté de son vivant ou au moyen d'un testament.

De nombreuses enquêtes de terrain mettent en évidence l'existence de marchés fonciers actifs et de dynamiques foncières caractérisées par :

- La persistance de l'emprise foncière de grands propriétaires souvent absentéistes et de l'Etat avec les terres domaniales qui représentent un sixième des terres agricoles ;
- L'ampleur des appropriations privées sur les terres collectives, notamment les espaces de parcours, encouragés par une législation favorable ;
- Le morcellement continu du foncier agricole sous l'effet naturel des successions et d'un marché foncier actif dans certains territoires, notamment locatif dans les périmètres irrigués publics et privés ;
- De nombreux conflits autour du foncier, notamment après 2011 avec l'occupation de nombreuses terres domaniales ;
- Des processus de concentration foncière significatifs, grâce à des investissements nationaux et étrangers encouragés par une politique fiscale très favorable ;
- Une augmentation sensible de la valeur du foncier agricole, ce qui rend encore très difficile l'accès au foncier pour des jeunes agriculteurs.

Accès à l'eau

La quantité de pluie reçue sur tout le pays est estimée à 36 milliards m³/an en moyenne. Environ deux tiers est retenue par le sol et exploitée directement par le couvert végétal composé par l'agriculture pluviale (essentiellement oliviers et céréales), les parcours et les forêts. La partie mobilisable représente seulement 13% mais elle garantit une satisfaction plus régulière de la demande en eau et de la production agricole. Le quart restant correspond aux eaux évaporées et aux eaux de ruissellement.

Les eaux vertes et l'agriculture pluviale

L'agriculture pluviale consomme en moyenne 13 milliards m³/an soit un bon tiers du total pluviométrique et contribue entre la moitié et deux tiers de la valeur de la production agricole selon les années. Les rendements dépendent étroitement de la pluviométrie qui est très variable d'une année à une autre et de la bonne distribution de la pluie durant le cycle de culture. Le minimum enregistré était de 11 milliards m³ en 1993-1994 et le maximum a été estimé⁹ autour de 66 milliards m³ en 1969-1970. L'enjeu pour le secteur agricole est de réduire les risques liés à la variabilité des pluies. Pour profiter des séquences pluvieuses même pendant les périodes de sécheresse, les agriculteurs cherchent à augmenter les réserves hydriques dans le sol à travers des travaux qui limitent le ruissellement de l'eau de pluie, qui capturent de cette eau vers les parcelles et contribuent à son infiltration dans le sol avec les petits ouvrages réduisant la vitesse de l'eau, tels que les banquettes, les jessours, les tabias, entre autres.

Les eaux bleues

La mobilisation des eaux de surface (barrages, barrages collinaires et lacs collinaires) a atteint 2285 millions m³ en 2018 (Rapport national du secteur de l'eau - MARH-2018). La capacité utile¹⁰ des barrages est de 2253 millions m³ (DGBGTH - situation des barrages 01/09/2019) ne permet pas de mobiliser les apports des années excédentaires et même pas les apports d'une année moyenne si on tient compte des réserves retenues dans les barrages ce qui explique en partie les problèmes d'inondations et perte d'eau enregistrés au cours des périodes très pluvieuses.

Les prélèvements d'eau sont très variables d'une année à une autre selon les apports et les réserves d'eau retenues dans les barrages. Les restrictions d'approvisionnements en eau pendant les périodes de sécheresse s'appliquent en premier lieu le secteur irrigué.

En 2017, l'exploitation des eaux souterraines a atteint des niveaux alarmants, avec 2574 millions m³ soit un taux moyen d'exploitation de 117%, jusqu'à 400% pour certaines nappes.

Les eaux souterraines ont contribué à 94% de la consommation en eau d'irrigation. Le volume surexploité est estimé à 609 millions m³ dont une partie est prélevée au moyen de puits et forages illicites créés pour l'irrigation de périmètres privés dans le centre et le sud du pays. Les répercussions sont des baisses continues du niveau d'eau et du débit dans les puits et les forages, la dégradation de la qualité de l'eau, et l'augmentation des coûts d'investissement et de pompage.

Alors que les ressources en eau étaient encore sous-exploitées et le secteur irrigué peu développé, le Code des Eaux de 1975 a favorisé la mobilisation croissante de l'eau. L'exploitation des nappes phréatiques n'est pas soumise à autorisation et la Police des eaux n'a pas été activée et soutenue. Pour répondre la surexploitation de la plupart des nappes d'eau souterraines, le nouveau Code des Eaux (en cours actuellement) a intégré plusieurs mesures pour améliorer la gouvernance et maîtriser la gestion des eaux souterraines. Il a prévu, entre autres, de généraliser la demande d'autorisation de création de points d'eau pour toutes les nappes profondes et phréatiques, un suivi plus rigoureux des prélèvements à

⁹ Calcul à partir des données publiées dans le rapport de la CARTE DES RESSOURCES EN EAU DE LA TUNISIE (CRET), DGRE-PROINTEC, 2017

¹⁰ L'envasement est estimé en 2018 à 22 millions m³, soit une perte de 21% de la capacité initiale des barrages

travers les compteurs et paiement des redevances, la création d'un corps spécifique de la police des eaux, l'implication des utilisateurs dans la gestion des nappes et le renforcement du rôle des autorités régionales à travers la création de Comités Régionaux de l'Eau.

Les périmètres irrigués

La surface totale irrigable est estimée à près de 435.000 ha dont la moitié ont été aménagés par l'Etat comme Périmètres Publics Irrigués et l'autre moitié à l'initiative d'opérateurs privés.

Jusqu'en 1990, la gestion des périmètres publics irrigués était assurée par les Offices de Mise en Valeur Agricole. Dans le cadre de la stratégie nationale de décentralisation et de participation des usagers, la gestion des périmètres publics irrigués a été confiée aux GDA avec l'appui des CRDAs. Le désengagement de l'État des activités de gestion des PPI a été rapide ce qui n'a pas permis le transfert normal de la gestion de l'eau aux associations d'usagers. A l'heure actuelle, seuls 17 % des GDA prennent en charge les frais d'exploitation de leurs systèmes d'irrigation, alors que les frais d'entretien sont assurés totalement par les CRDAs. Les autres GDA ne prennent en charge qu'une partie des frais d'exploitation à des niveaux variables.

Le refus de paiement de certains agriculteurs depuis 2011 et le gel imposé des tarifs d'eau d'irrigation aux agriculteurs, ont réduit la capacité des GDA de couvrir les frais d'entretien et d'approvisionnement en eau potable, renforçant ainsi le cercle vicieux du non recouvrement par les CRDA des dettes des GDA.

Malgré la modernisation des réseaux collectifs pour trois quarts des superficies irriguées et l'équipement des parcelles par du matériel d'économie d'eau pour deux tiers de la superficie, la consommation d'eau dans les périmètres publics n'a pas baissé. L'un des facteurs en jeu est le faible niveau d'efficacité des réseaux qui est de 59 % en moyenne entre le point de livraison et la borne des irrigants sur la période 2010-2016 (eau et sécurité alimentaire - FAO). Ces pertes sont dues principalement à la détérioration des compteurs et aux prélèvements illégaux sur les canalisations.

Le développement d'aménagements privés accentue la pression sur les nappes d'eau souterraine et aggrave les conséquences de la surexploitation (baisse du niveau d'eau, du débit et dégradation de la qualité de l'eau).

La politique d'économie d'eau fondée essentiellement sur la technologie de l'irrigation localisée, qui est supposée réduire la demande en eau agricole n'a pas atteint ses objectifs, en particulier dans les périmètres privés.

Dans la pratique, la diffusion massive du « goutte à goutte » grâce à une généreuse politique de subventions publiques, a conduit à l'extension des superficies irriguées, ainsi qu'à des phénomènes de sur-irrigation des cultures.

La durabilité de la ressource et des périmètres irrigués privés n'est pas assurée du fait du non-respect du code des eaux (création de points d'eau sans autorisation, allocation non respectée, absence de paiement de la redevance). Le suivi de l'exploitation des eaux

souterraines à travers le compteur STEG n'est pas réalisé. Tous ces éléments mettent en évidence des défaillances graves et persistantes dans la gouvernance de la ressource, à la fois imputables aux faiblesses de l'administration dans l'application des politiques publiques et à la force des intérêts privés, animés par l'espoir de gains à court terme. Il existe en effet une insuffisante prise de responsabilité des acteurs privés et notamment des agriculteurs dans la gestion de la ressource. La domanialisation de l'eau consacrée dans le code des eaux de 1975, n'a été ni comprise ni acceptée par la majorité des usagers. L'attention publique concentrée sur l'eau bleue et le développement des espaces irrigués, a provoqué un déséquilibre de moyens et d'attention vis à vis de l'agriculture pluviale, pourtant largement majoritaire en termes d'occupation des sols et de production agricole. Enfin, les institutions en charge de l'eau, qui ont dû jouer un rôle complexe de fournisseur et de régulateur, n'ont pas eu les moyens suffisants – en termes politiques et matériels, pour assurer : i) une connaissance appropriée de l'état et de l'emploi des ressources ; ii) un contrôle efficace de l'accès et de l'usage de l'eau, en particulier des eaux souterraines, qui se manifeste notamment par le très faible recouvrement des redevances domaniales sur l'eau.

La nouvelle approche de la gouvernance de l'eau consiste à donner plus de transparence à la gestion des périmètres irrigués, garantir l'accès à l'eau aux usagers et bien définir les devoirs des différents intervenants tout en renforçant l'efficacité des institutions.

Le fait que la régulation de l'eau soit une attribution du ministère chargé de la production agricole augmente la vulnérabilité des agriculteurs au changement climatique, tant dans les périmètres publics et privés. C'est ainsi que les comités régionaux de l'eau et d'autres espaces de réflexions auront un rôle important à jouer dans le nouveau modèle de régulation proposé.

Le nouveau projet du Code des Eaux, les études stratégiques, les études sectorielles et les études d'adaptation au changement climatique sont des opportunités pour décortiquer les problèmes rencontrés au niveau des périmètres irrigués et proposer des solutions pour améliorer leur gestion et adopter un modèle de gouvernance qui diminue la vulnérabilité au changement climatique.

Accès au crédit

L'investissement agricole (public et privé) représente environ 10% de l'investissement total. Le crédit agricole a représenté en moyenne (2000-2017) 5,3 % du total des crédits contre 9% en 1995 et le nombre de producteurs ayant accès continue de régresser. Un tiers des exploitations de plus 100 ha ont accès au crédit bancaire, contre seulement 4% pour des propriétés de moins de 5 ha (MARHP, 2006). Le FOSDAP¹¹ soutenait en 2018 environ 20 000 projets agricoles privés pour un montant total de l'ordre de 250 millions EUR, dont la moitié en autofinancement, un tiers sous forme de primes (subvention publique) et un sixième sous forme de crédit bancaire.

Le crédit bancaire touche donc une faible proportion des producteurs. C'est pourquoi un nombre important d'agriculteurs a recours à des modalités indirectes de financement pour

¹¹ "Rapport sur les investissements agricoles privés et des activités du FOSDAP pour l'année 2018 », DGFIOP

acquérir des intrants et de la main d'œuvre auprès de commerçants ou de sociétés de microfinance. L'accès au financement d'investissements – équipements, infrastructures notamment – est rare pour la grande majorité des producteurs. Il n'existe pas de données sexo-différenciées sur l'accès au crédit agricole, mais il est clair que les institutions de microfinance ont une clientèle féminine majoritaire (BTS, ENDA).

[Accès aux services agricoles](#)

Les données des enquêtes sur les structures des exploitations agricoles montrent que la proportion d'exploitants ayant bénéficié des services de vulgarisation et formation n'a pas dépassé un tiers entre 1999-2004. Actuellement, l'ensemble du dispositif de vulgarisation (AVFA) compte environ 400 vulgarisateurs, soit un taux d'encadrement de 1 pour 1300 exploitants. Il n'y pas de données sexo-différenciés pour analyser l'accès aux services agricoles.

En revanche des services de conseillers agricoles privés se développent, ce qui accentue les inégalités entre les agriculteurs. Les organisations professionnelles de base sont par ailleurs, peu engagées dans le processus d'encadrement technique et de formation.

Les principaux services auxquels les agriculteurs ont accès sont de nature privée :

- Transport et commercialisation, ce qui contribue fortement à la baisse des revenus
- Mécanisation, un domaine qui permet aux grands propriétaires de générer des revenus importants
- Transformation des produits (huile, lait, viande)

[Organisation professionnelle](#)

La majeure partie des agriculteurs ne s'implique pas dans des organisations formelles à caractère économique ou de développement territorial dans lesquelles ils seraient acteurs de la résolution de leurs problèmes. Les pratiques de cooptation et de contrôle des organisations locales, courantes avant 2011 ont largement contribué à cet état de fait.

Malgré l'existence de nombreux GDA, de coopératives et de SMSA, le monde agricole et rural souffre d'une très faible structuration économique et professionnelle.

Néanmoins, de nombreuses formes de coopération et de solidarité informels – souvent familiaux - existent un peu partout pour contribuer à régler des problèmes à l'échelle locale.

En termes [de disponibilité alimentaire](#) (production nationale + import - export), la situation se caractérise par un niveau d'autosuffisance en céréales situé en moyenne autour de 60% pour le blé dur, 16 % pour le blé tendre et 52 % pour l'orge pour la période 2008-2017. Si l'effectif des cheptels connaît une tendance à la baisse depuis quelques années, la production des viandes, lait et dérivés assure un taux d'autosuffisance apparent proche de 100%.

Cette évolution est le fruit du travail quotidien de plus d'un million de femmes et d'hommes regroupés autour de plus de 550 000 unités de productions qui valorisent environ 10 millions d'Ha, dont la moitié sont considérées comme des terres labourables.

La structure foncière nationale décrite en 2005 met en évidence à la fois : i) l'existence d'un important morcellement du foncier – les trois quarts des agriculteurs accèdent à des surfaces trop faibles (<10 ha) pour générer des revenus suffisants, ii) le poids significatif des exploitations de taille moyenne (10-50ha) qui occupent 41% des surfaces, ainsi que la concentration de la terre agricole pour un tiers des surfaces. Cette différenciation dans l'accès au foncier dessine une mosaïque complexe de systèmes de productions plus ou moins spécialisés. De fait, les grands exploitants (souvent absentéistes) qui produisent des céréales ont tendance à adopter un comportement rentier et ne sont pas intéressés par l'intensification en travail et la diversification (Sethom, 1992).

Les arbres fruitiers, particulièrement l'olivier occupent 56% de la superficie cultivée et les céréales, produites par un agriculteur sur deux occupent environ 30% de l'espace labourable. La valeur ajoutée de l'agriculture, qui a été multipliée par 4 depuis l'indépendance, est dominée par l'élevage (37%) suivie par l'arboriculture (28%), les cultures maraichères (16%) et les céréales (10%).

La pêche génère environ 50 000 emplois et a contribué durant la période 2007-2016 à la formation de 7,5% de la valeur de la production agricole et 15,2% à la valeur des exportations agricoles. La pêche côtière et artisanale assure actuellement un quart de la production. L'aquaculture continentale et maritime apporte 13% de la production nationale.

L'agriculture pluviale, les parcours et les forêts contribuent entre la moitié et deux tiers de la valeur de la production agricole selon les années et consomment deux tiers du total pluviométrique moyen estimé autour de 36 milliards de m³. L'agriculture irriguée qui occupe environ 5% des terres agricoles, pour moitié aménagés par l'Etat et le reste à l'initiative d'opérateurs privés s'est développée surtout depuis l'indépendance au moyen, dans un premier temps, d'une politique de grands projets de mobilisation des eaux de surface, dont la capacité actuelle est estimée à 2,3 milliards de m³. L'extension rapide du domaine irrigué s'est faite grâce à l'accès de plus en plus facile aux eaux souterraines qui fournissent jusqu'à 94% des volumes consommés en 2017, alors que l'exploitation des eaux souterraines atteint un taux moyen d'exploitation alarmant de 117%, jusqu'à 400% pour certaines nappes.

Malgré la modernisation des réseaux collectifs pour trois quarts des superficies irriguées et l'équipement des parcelles par du matériel d'économie d'eau pour deux tiers de la superficie, la consommation d'eau dans les périmètres publics n'a pas baissé, et le faible consentement réel à payer le service de l'eau à la parcelle surtout depuis 2011 ainsi que le gel des tarifs ont réduit la capacité de couvrir les frais d'entretien et d'approvisionnement en eau potable, révélant ainsi un approfondissement de la crise de gouvernance des ressources en eau.

L'investissement dans le secteur agricole (public et privé) représente environ 10% de l'investissement total, à la hauteur de la contribution de l'agriculture au PIB. L'accès aux services (crédit, conseil, formation) touche une faible proportion des producteurs, excepté les grandes unités de production. C'est pourquoi de nombreux d'agriculteurs sont contraints de recourir à des modalités plus onéreuses de financement, pour acquérir des intrants et de la main d'œuvre par l'intermédiaire de commerçants, distributeurs ou sociétés de microfinance.

En termes de structuration économique et professionnelle, les agriculteurs s'impliquent peu dans des organisations formelles dans lesquelles ils pourraient être acteurs de la résolution de leurs problèmes. Les pratiques de contrôle des organisations locales, courantes avant 2011 ont largement contribué à cet état de fait. Toutefois, de nombreuses formes de coopération et de solidarité informels – souvent familiaux - existent partout pour contribuer à satisfaire des besoins à l'échelle locale.

D'autre part le pays a maintenu une capacité financière suffisante pour acquérir toujours plus de denrées complémentaires sur les marchés mondiaux. Entre 2000 et 2018, les importations alimentaires ont progressé avec un taux annuel moyen de 11% et leur part dans les importations totales 'est située autour de 8%. Ces importations permettent de : i) combler le déficit structurel en céréales (principalement le blé tendre pour le pain). Ainsi les quantités importées ont fluctué en fonction de la production nationale avec un pic de 4 millions de tonnes de céréales importées en 2016. ii) maximiser les revenus d'exportation de l'huile d'olive en important autour de 300000 tonnes d'huiles de graines pour la consommation interne, iii) développer l'élevage hors sol avec des importations d'intrants de l'alimentation animale pour nourrir bovins, petits ruminants et volailles de l'ordre EUR 160 millions en 2018 ; iv) consommer des aliments qui ne se produisent pas en Tunisie tels le sucre, le thé, le café qui représentent une dépense de l'ordre de EUR 270 millions.

En conclusion, [la disponibilité alimentaire](#) exprimée en kg/personne/an a augmenté depuis les années quatre-vingt notamment pour les légumes (250 kg), les fruits (90), les viandes (30) et produits laitiers (115), alors qu'elle diminue légèrement pour les céréales tout en restant à un niveau élevé de 200 kg. Cela signifie une disponibilité calorique estimée à 3550 Kcalories par jour et par personne, nettement au-dessus du seuil de la malnutrition (2400).

En termes [d'accès aux aliments](#), la part de l'alimentation dans le budget des ménages tunisiens reste importante malgré une tendance à la baisse. Elle représente près de 40 % du budget familial pour les deux premières tranches de dépenses (< 750 TND) et 20% pour la dernière (> 4500 TND). Le coût de l'alimentation est donc un élément central pour les ménages aux plus faibles revenus. Les viandes et volailles occupent la première position avec 23,5% de la valeur des dépenses alimentaires, loin devant les céréales (13,3%).

La Tunisie a mis en place de nombreux outils de régulation des marchés alimentaires et dispose d'importantes infrastructures de transport (24000 km de routes et voies ferrées), de stockage (673000 tonnes pour les céréales) et de froid (1,5 millions de m³). Le ministère du commerce a joué historiquement un rôle fort dans le contrôle des prix des produits alimentaires de base. Les prix des céréales, du pain, de l'huile et du lait sont réglementés et subventionnés aux producteurs et plus encore aux consommateurs.

Malgré cette intervention, depuis 2010, l'indice des prix à la consommation a augmenté d'environ 60 % notamment pour les produits alimentaires ce qui accroît les difficultés des plus pauvres pour se nourrir. L'indice de pauvreté globale est descendu autour de 15% en 2015 soit 1,7 millions de personnes. La pauvreté est plus forte en milieu rural et dans les régions du Centre et du Nord-Ouest où se concentrent plus du tiers de tous les pauvres, avec un indice qui oscille entre 28 et 35% de la population. Les femmes rurales, et notamment les veuves, divorcées et mères célibataires sont souvent les plus pauvres. Les salaires payés aux femmes dans l'activité agricole (environ 3 EUR par jour), sont souvent inférieurs à ceux payés aux hommes. Bien que le recul de la pauvreté ait également concerné les différentes

catégories socioprofessionnelles, les ouvriers et les exploitants agricoles, avec des taux de pauvreté respectifs de 38,3% et 21,4%, demeurent parmi les plus pauvres.

En termes [d'utilisation des aliments et de nutrition](#), la Tunisie connaît une rapide transition d'un régime alimentaire de type méditerranéen vers une alimentation plus riche en huiles de graine et protéines animales particulièrement pour les populations urbaines. Malgré la baisse des quantités consommées, les céréales continuent en 2015 d'assurer 49 % des apports caloriques, 51% des apports protéiniques et 43% des apports ferriques. D'autre part, une famille tunisienne gaspille des aliments à hauteur d'environ 5% de ses dépenses. Cette proportion atteint 16% pour le pain, 10% pour les dérivés de céréales (pâtes et couscous) et 6% pour les légumes. Le système de protection des consommateurs et de contrôle de qualité et de la sécurité sanitaire des produits en Tunisie est relativement développé. Néanmoins, il présente encore de nombreuses faiblesses, notamment du fait de la multiplicité des intervenants.

Le pourcentage d'enfants de moins de 5 ans souffrant d'une insuffisance pondérale est de l'ordre de 2,3%. Cependant, 10% de ces enfants présentent un retard de croissance et 29,5% sont anémiques. La prévalence de l'anémie chez les femmes enceintes est également de 29% (FAO, 2016). Les changements du régime alimentaire se sont accompagnés par la dégradation de l'état de santé de la population avec la prévalence des maladies liées à une alimentation déséquilibrée. Selon les données de l'OMS, les maladies non transmissibles (MNT) sont responsables de 82% des décès en Tunisie. Ces données dévoilent que 19% des Tunisiens de plus de 15 ans sont diabétiques. De plus environ 46% des tunisiens sont en surpoids et 10% souffrent d'obésité.

Le fait que 98% de la population ait accès à des sources d'eau potable est un acquis positif du point de vue de l'utilisation biologique des aliments. Néanmoins, malgré les efforts considérables réalisés pour assainir les eaux usées grâce à plus d'une centaine de stations d'épuration qui desservent les grandes agglomérations, environ la moitié de la population dépend de fosses septiques et de puits perdus, avec des conséquences locales souvent négatives sur la santé, notamment lors de pluies intenses et d'inondations.

En termes de [stabilité de la sécurité alimentaire](#) dans ses différentes dimensions, il existe de nombreuses menaces :

- La dégradation de la fertilité des sols, l'érosion du fait de mauvaises pratiques agricoles telle que la monoculture et la salinisation dans les périmètres irrigués
- L'eau agricole est de plus en plus rare, profonde et salée.
- De bonnes terres agricoles à la périphérie des villes sont détruites par des logements et constructions, conséquence d'une intense spéculation immobilière
- La dépendance structurelle aux importations alimentaires, notamment pour les céréales, expose le pays aux aléas des marchés mondiaux devenus plus instables et spéculatifs, dans une tendance haussière, du fait de leur connexion croissante aux marchés financiers.

En conclusion, la sécurité alimentaire s'est progressivement améliorée en Tunisie pour atteindre aujourd'hui la 15^{ème} place sur 57 pays à revenus intermédiaires comme le montre le Global Food Security Index. De fait, la Tunisie n'a pas connu de famine depuis près de deux siècles.

1. 2. Analyse des évolutions climatiques et agro climatiques actuelles et futures

Dans cette étude, l'approche adoptée pour l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique repose sur la notion du **risque** lié au changement climatique et s'inscrit dans le cadre conceptuel du 5ème rapport du GIEC (AR5). Selon cette approche, un risque climatique est le produit de l'interaction entre l'**aléa**, la **vulnérabilité** (qui comprend la sensibilité et la capacité d'adaptation) et l'**exposition**.

L'**aléa** correspond à la survenue potentielle d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturel ou anthropique, pouvant entraîner des pertes humaines, des blessures, d'autres effets sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, à la prestation de services, aux écosystèmes et aux ressources environnementales.

La **vulnérabilité** se définit comme la propension ou la prédisposition à subir des dommages. Elle recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité qui est la susceptibilité d'être atteint. Elle comprend aussi le manque de capacités à s'adapter, telles que les capacités à anticiper, faire face et récupérer. La vulnérabilité se caractérise à travers différentes dimensions dont les dimensions sociale, économique, environnementale, institutionnelle et culturelle.

L'**exposition** est construite sur les aléas et la vulnérabilité et représente des éléments à risque. Elle correspond par exemple aux surfaces de céréales sujettes à la sécheresse. Par conséquent, l'exposition fait partie du risque, mais n'a pas été considérée comme une composante individuelle au même titre que l'aléa et la vulnérabilité.

La première étape de l'étude s'intéresse à une des dimensions constitutives du risque, à savoir les aléas climatiques et aux risques qui en découlent. L'évaluation **de la vulnérabilité** et de l'exposition seront, quant à elles, abordées dans la Phase 2 de l'étude.

Afin d'apprécier l'évolution des aléas au présent et au futur, il est nécessaire :

- 1) D'identifier les principaux aléas climatiques en lien avec la sécurité alimentaire et en particulier la production agricole,
- 2) D'identifier les risques agricoles découlant des aléas climatiques,
- 3) De définir des indicateurs climatiques et agroclimatiques (« *proxies* ») permettant de décrire les aléas et les risques agricoles associés.

Il convient de rappeler ici que, conformément au périmètre défini lors la phase de démarrage, cette démarche et les résultats qui en découlent s'applique uniquement aux trois productions à la base de la sécurité alimentaire tunisienne, à savoir **la céréaliculture, l'oléiculture et l'élevage sur parcours**.

Le territoire tunisien est exposé à de multiples aléas climatiques que le changement climatique pourrait accentuer ou atténuer. Une revue bibliographique et l'expertise des consultants ont permis de procéder à une sélection des principaux aléas pouvant affecter la sécurité alimentaire. Cette liste n'est pas exhaustive et d'autres aléas climatiques comme le Sirocco ou la salinisation des terres et des ressources hydriques par exemple pourraient être

ajoutés. Mais pour les besoins de l'étude, il a été choisi de se concentrer sur un certain nombre d'aléas en tenant compte notamment des événements les plus critiques mais également des possibilités de calcul et d'analyse que permettait la modélisation climatique dans les délais impartis (par exemple l'aléa lié aux tempêtes et au Sirocco ou à l'élévation du niveau de la mer nécessitent des jeux de données et des efforts d'analyse qui sortent du cadre de cette étude.

La production agricole influence directement la disponibilité alimentaire, première dimension de la sécurité alimentaire. Il est donc essentiel d'établir un inventaire des risques liés à la variabilité et au changement climatique qui pèsent sur celle-ci.

En lien avec les aléas climatiques, sont recensés ci-dessous les principaux risques transversaux ou spécifiques aux trois productions ciblées par l'étude :

- **Risques transversaux aux différentes productions agricoles**

- **Baisse de la productivité des sols dégradés par l'érosion** hydrique sous l'effet des événements de **pluviométrie intense**, engendrant un appauvrissement en éléments nutritifs, une baisse de la qualité du sol (texture, structure, stabilité), jusqu'à la perte de terre arable.
- **Diminution de la quantité et de la qualité de la production causée par des problèmes sanitaires dus à l'absence de nettoyage des maladies et ravageurs** en raison d'un **hiver doux**.
- **Diminution de la quantité et de la qualité de la production causée par des problèmes sanitaires dus à l'apparition de nouveaux ravageurs et maladies**. Ceux-ci sont favorisés par le déplacement des conditions climatiques des basses latitudes vers les hautes latitudes et/ou l'émergence de conditions de température et d'humidité favorables aux bio-agresseurs à certains stades critiques de la plante.
- **Destruction des exploitations engendrée par les dégâts physiques** sur les infrastructures, les équipements, et la production lors d'**inondations** en période de crue.

- **Risques spécifiques aux cultures céréalières**

- **Destruction des cultures causée par la verse** lors d'événements de **pluviométrie intense**. Les cultures sont couchées au sol sous l'effet d'intempéries violentes, affectant la qualité et la quantité de la production.
- **Diminution de la quantité et de la qualité des grains** due à l'aggravation du phénomène d'**échaudage** à cause de la **hausse tendancielle des températures ou de canicule**. L'échaudage correspond à l'altération du remplissage des grains de céréales qui restent de petite taille sous l'effet des hautes températures (à partir de 25°C).
- **Destruction des cultures** liée au **gel printanier** au stade d'épi 1cm, particulièrement sensible aux faibles températures.
- **Perte de rendement par stress hydrique** causée par une **sécheresse agricole**, affectant directement les rendements.
- **Destruction des cultures due à un développement prématuré qui s'explique par l'avancement du cycle de développement** sous l'effet de la **hausse tendancielle des températures**. Ce risque doit être pensé en interaction avec la mortalité liée au gel : si le stade épi apparaît plus tôt, il sera plus exposé.

- **Baisse globale du rendement** générée par une hausse des températures et une baisse de la pluviométrie. Ce risque sera étudié plus en détail par un travail de modélisation statistique dont les fondements seront présentés au Chapitre 3.
- **Risques spécifiques à l'olivier**
 - **Baisse qualitative et quantitative de la production de fruits due à un retard de la floraison** causés par un hiver doux, qui ne satisfait pas les besoins en froid de l'olivier.
 - **Perte de rendement par stress hydrique** causée par une **sécheresse agricole**, affectant directement les rendements.
 - **Baisse quantitative et qualitative de la production de fruits causée par le gel printanier lors de la floraison.**
 - **Baisse quantitative et qualitative de la production de fruits due à un arrêt de la croissance et un dessèchement des fruits** sous l'effet de **températures très élevées (>40°C)** en été
 - **Baisse globale du rendement** générée par une hausse des températures et une baisse de la pluviométrie tendancielle. Ce risque sera étudié plus en détail par un travail de modélisation statistique présenté plus loin dans le rapport.
- **Risques spécifiques à l'élevage et au parcours**
 - **Production de fourrages insuffisante aux besoins de l'alimentation animale à cause d'un faux démarrage** du cycle de croissance végétative après une première pluie à cause d'une longue période de **sécheresse météorologique**, diminuant la production de biomasse fourragère.
 - **Production de fourrages insuffisante aux besoins de l'alimentation animale causée par un raccourcissement du cycle végétatif**, en lien avec la **sécheresse agricole**.
 - **Production de fourrages insuffisante aux besoins de l'alimentation animale causée par une alimentation en eau discontinue.** Ceci s'explique par une répartition de la pluviométrie très hétérogène, gênant la production de biomasse.
 - **Augmentation de la mortalité et dégradation de l'état de santé des animaux dues des problèmes sanitaires causés par stress thermique** des bêtes lors d'une **vague de chaleur**.

L'évolution de l'occurrence du risque est ensuite appréciée de manière indirecte par le biais de l'évolution des aléas. La caractérisation des aléas et de leur évolution passe par l'identification et l'utilisation de variables et d'indicateurs descriptifs en s'assurant de leur **spécificité** par rapport aux risques auxquels ils se rapportent. La sélection est basée sur un état de l'art. Les choix résultent d'une revue bibliographique, dont l'étude de la DG FIOPI¹² sur les risques agricoles, et à dire d'experts, notamment avec l'INM. Chacun de ces indicateurs a ensuite été calculé et analysé à partir des données climatiques produites et analysées.

1.2.1. Le traitement des incertitudes

La notion d'incertitude est inhérente à l'effort de modélisation climatique et par conséquent au domaine des changements climatiques. Toute information relative aux conditions futures mais également passées des systèmes naturels et sociaux comporte des incertitudes dont les utilisateurs de cette information doivent être conscients. Ces incertitudes peuvent être classées en 3 catégories principales :

¹² Etude sur la gestion des risques et la mise en place d'un système d'assurances agricoles en Tunisie. 2018. FINACTU, DGFIOP/MARHP.

1. Les **incertitudes socio-économiques** ou **incertitude réflexive** : liées *aux scénarios futurs d'émission des gaz à effet de serre*. En effet, les trajectoires futures des émissions de GES déterminent l'ampleur et le rythme du changement climatique futur. Les niveaux d'émission futurs dépendent de l'évolution démographique, économique et technologique, ainsi que des accords internationaux sur l'atténuation des changements climatiques.
2. Les **incertitudes scientifiques et techniques** ou **l'incertitude épistémique** : liées à *une connaissance imparfaite des phénomènes et à leur représentation approximative* dans les modèles physiques et statistiques utilisés.
3. L'incertitude liée à la **variabilité naturelle du climat** aussi appelée **incertitude stochastique**. La *variabilité naturelle* résulte de processus naturels intrinsèques au sein du système climatique (variabilité climatique interne ; variabilité atmosphérique et océanique) et qui comprend également la problématique des conditions initiales du système climatique modélisé.

La caractérisation des changements climatiques repose sur différentes étapes. La première étape consiste à générer des scénarios de GES/aérosols en se basant sur des hypothèses de développement socio-économique et technologique futur (Wilby and Dessai, 2010). Ces scénarios d'émissions sont ensuite transformés en scénarios de concentration de GES à l'aide de modèles biogéochimiques. Les scénarios de concentration de GES/aérosols constituent l'intrant fondamental pour produire des projections climatiques globales. Ces projections globales peuvent ensuite être réduites à l'échelle régionale/locale grâce à l'utilisation de méthodes de descente d'échelle dynamique (modèles climatiques régionaux) ou statistiques. Les informations obtenues lors de cette dernière étape peuvent être enfin utilisées pour les études d'impact (modélisation des impacts à travers des modèles de rendements par exemple ou des modèles hydrologiques) et de vulnérabilité. Chaque étape de cette chaîne introduit une source d'incertitude, de sorte que cette dernière augmente au fur et à mesure que l'on descend dans la chaîne de modélisation. Il est alors question de cascade d'incertitudes.

Notre approche dans cette étude offre une analyse des « incertitudes socio-économiques » avec plusieurs scénarios socio-économiques. Le scénario d'émissions de GES RCP 8,5 (sans politique climatique, les émissions de GES continuent d'augmenter au rythme actuel) constitue l'axe principal d'analyse compte tenu de la haute probabilité de se trouver sur cette trajectoire au regard du niveau des émissions actuelles de GES. Toutefois le scénario RCP 4,5 (scénario avec politiques climatiques permettant de stabiliser les concentrations en CO₂ à un niveau plus faible en 2100) est également pris en compte. Nous avons également intégré une analyse des « incertitudes techniques » liées à la modélisation à l'échelle globale et aux différentes étapes de descente d'échelle (dynamique et statistique). Le jeu de données CORDEX n'offre pas un nombre de simulations d'ensemble suffisant pour étudier proprement l'« incertitude stochastique ». Nous avons tout de même utilisé le test de tendance de Mann-Kendall pour comprendre si les tendances de changement sont significatives et non pas le résultat de la variabilité naturelle.

i. Données utilisées, climatologie de référence et descente d'échelle

Les horizons 2050 et 2100 sont retenus pour faciliter la comparaison avec les projections internationales. La durée des tranches climatiques analysées a été fixée à 30 ans :

- 1981-2010 pour la période de référence
- 2036-2065 pour le moyen terme (2050)

- 2071-2100 pour le long-terme (2100)

Le jeu de données produits pour cette étude a permis de mettre à jour la base de données de scénarios climatiques produites par l'INM en 2017 en intégrant l'ensemble des jeux de données les plus récents mis à disposition par la communauté internationale (CHIRPS, ERA5, WorldClim) mais également en lui apportant les qualités requises pour l'étude des impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire.

En particulier, il permet d'avoir accès à :

- Un jeu de données grillées (climatologie de référence et projections climatiques) à 5 km de résolution pour 4 variables climatiques clés dont les précipitations sur l'ensemble du territoire.
- Un jeu de données corrigé présentant une distribution et un cycle saisonnier en accord avec les observations sur la période observée.
- Un jeu de données permettant de simuler correctement les aléas climatiques clés pour l'agriculture et la sécurité alimentaire.

Au vu des analyses réalisées, la seule limitation de ce jeu de données pour cette étude concerne la représentation des événements les plus extrêmes tels que les précipitations très fortes et intenses.

Ce jeu de données présente cependant les caractéristiques requises pour étudier les impacts du changement climatique à une échelle quasi-locale (analyse au niveau du groupe de parcelles) sur l'ensemble du territoire.

ii. Evolutions climatiques et agro climatiques observées

A partir de la climatologie de référence produite dans l'étape précédente, sont présentées ci-dessous l'évolution des variables et indicateurs (agro) climatiques pour la période 1981-2018. L'objectif étant de rendre compte de la climatologie moyenne de la période historique et dans la mesure du possible des évolutions constatées au cours des dernières décennies.

Les résultats sur les climatologies annuelles et le cycle saisonnier des 4 variables d'intérêt ont été présentés dans le chapitre dédié à la création de la climatologie de référence et à la descente d'échelle. Dans cette section, nous proposons une analyse plus détaillée les caractéristiques de ces variables suivant les 2 axes suivant :

- Les climatologies moyennes saisonnières des températures et des précipitations pour la période de référence choisie pour cette étude (1981-2010).
- Les coefficients des tendances observées (annuelles et saisonnières) sur la période 1981-2018. Cette période est courte pour une analyse de tendance et les résultats doivent être interprétés avec précaution. Un test de significativité des tendances (test de Mann-Kendall) a été réalisé dont les résultats sont indiqués dans les tables correspondantes.

Les résultats sont comparés à ceux de l'étude réalisée par l'INM dans le cadre de la 3^{ème} Communication Nationale sur le changement climatique (INM, 2017)¹³.

Nous présentons dans le tableau suivant les tendances annuelles des températures minimales, moyennes et maximales pour la Tunisie et par zones bioclimatiques pour la période 1981-2018.

¹³ INM, 2017 : Etude des tendances et des projections climatiques en Tunisie. Haythem Belghrissi. 46 pages.

Tableau 2 : Tendances annuelles des températures minimales, moyennes et maximales pour la Tunisie

	Tunisie	Saharien	Aride	Semi-aride	Subhumide	Humide
T maximale	0.044	0.046	0.044	0.041	0.030	0.025
T moyenne	0.037	0.038	0.037	0.035	0.028	0.024
T minimale	0.032	0.034	0.032	0.031	0.025	0.022

Une tendance significative à la hausse est observée pour l'ensemble des zones étudiées. A variabilité de cette tendance entre les différentes régions est faible.

Cet accroissement des températures est en accord avec les résultats de l'étude réalisée par l'INM (INM, 2017). Cet accroissement est légèrement moins élevé dans notre analyse. D'autre part nous observons une augmentation plus rapide des températures maximales par rapport aux températures moyennes et par rapport aux températures minimales. Ces différences peuvent être attribuées d'une part au fait que l'analyse de l'INM porte sur un nombre limité de stations alors que nous travaillons sur un jeu de données grillées et d'autre part au fait que la période d'analyse est légèrement différente dans nos deux études (1979-2012 dans l'étude de l'INM et 1981-2010 dans le cadre de cette étude.

Concernant les températures moyennes saisonnières sur la période 1981-2010, les maximums de sont observés dans les zones les plus continentales (Sud et Ouest). Une tendance significative à la hausse est observée pour l'ensemble des saisons avec des disparités régionales et saisonnières. Les zones bioclimatiques saharienne et aride ont été les plus touchées par cette augmentation (bien que le taux de croissance le plus élevé soit enregistré pour les températures printanières de la zone semi-aride avec +1,9°C sur 30 ans). Les zones humide et subhumide ont connu la moins forte augmentation de leur température avec un minimum de +0.8°C pour la zone humide en hiver.

Le cumul saisonnier de précipitations met en évidence des disparités spatiales et saisonnières très marquées. On observe sur la côte sud-ouest Méditerranéenne (zones humide et subhumide) un cycle saisonnier marqué avec une saison humide de septembre à mai (favorisée par les entrées maritimes et le relief dans cette zone) et une saison sèche s'étalant de juin à août. La partie désertique dans le sud du pays reste sèche toute l'année avec un cumul annuel de précipitation souvent inférieur à 50mm. Sur la période 1981-2018, une tendance à la hausse est observée pour la plupart des saisons et zones bioclimatiques avec cependant de fortes disparités. A noter que la plupart de ces tendances ne sont pas significatives car inférieures au seuil de 5%.

Cette tendance à la hausse, également décelée dans les travaux récents de l'INM (2017), résulte d'une succession d'années de sécheresse en début de période (1981-2000) suivi par des années plus humides récemment. Elle ne représente que l'évolution court-terme de ses 30 dernières années et n'est pas en accord avec ce que l'on observe sur une échelle de temps plus importante. Les zones sahariennes et aride ont été le plus touchées par cette augmentation. Les zones humides et subhumides ont connu la moins forte augmentation.

1.2.2. Indicateurs climatiques

Dans cette section nous présentons :

- Les climatologies moyennes annuelles des 8 indicateurs climatiques sélectionnés pour la période de référence 1981-2010 ;
- Les coefficients des tendances observées sur la période 1981-2018. Cette période est courte pour une analyse de tendance et les résultats doivent être interprétés avec précaution. Un test de significativité des tendances (test de Mann-Kendall) a été réalisé dont les résultats sont indiqués dans les tables correspondantes.

Lorsque c'est possible, nous proposons une comparaison de ces résultats avec ceux de l'INM (INM, 2017). Il est à noter que pour de nombreux phénomènes climatiques, les indicateurs choisis par l'INM sont différents de ceux que nous avons sélectionnés dans cette étude (notre objectif étant d'étudier l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire et non une analyse générale de ces changements sur la Tunisie).

Nombre de jours de précipitations fortes à extrêmes

Il s'agit du nombre de jours par an où les précipitations dépassent un seuil variant de 10mm (précipitations fortes) à 70mm (précipitations intenses).

Les structures spatiales des indicateurs de précipitations fortes à extrêmes sont semblables à celles du cumul des précipitations. On observe un contraste très fort en fonction des zones bioclimatiques avec très peu de jours de précipitations fortes et extrêmes même sur les zones les plus humides. Seul le nord-ouest est affecté par des événements de précipitations extrêmes (cumul de précipitations >70mm/jour). Sur la période 1981-2018, une très légère tendance à la hausse est observée pour le nombre de jours de plus de 20mm, 40mm et 70mm principalement pour les zones subhumides et humides. Cette tendance est significative au seuil de 5% dans la plupart des cas.

Ces tendances sont en accord avec les résultats de l'étude réalisée par l'INM pour la 3^{ème} communication nationale sur le changement climatique (INM, 2017) qui indique une augmentation du nombre de jours de précipitations extrême sur la période 1978-2012. Cet accroissement est cependant moins élevé dans notre analyse.

Indicateurs de persistance de jours secs et de jours humides

Il s'agit du nombre de jours consécutifs humides et sec par an. Le nombre maximum de jours humides consécutifs varie entre moins de 2 jours dans le sud du pays à presque 5 jours dans le Sud-Ouest du pays. Les structures spatiales sont très proches de celles des cumuls de précipitations. Le nombre maximum de jours secs consécutifs est le plus fort dans le Sud du pays avec un record de 374 jours sans pluie. Dans le Nord, les périodes maximales sèches sont d'environ 30 jours. Sur la période 1981-2018, les tendances de ces deux indicateurs sont très faibles et de signes variables en fonction de la zone considérée. Seules les tendances à la baisse du nombre de jours maximums consécutifs humides et secs pour les zones humides et subhumides sont significatives

Indicateurs de canicule et de vague de froid

Le nombre de jours de canicule varie en moyenne entre 10 et 22 jours sur l'ensemble du pays avec une forte disparité temporelle et spatiale. Les régions côtières proches de la Méditerranée sont moins impactées par ces événements à l'inverse des régions plus continentales. Le nombre de jours de vague de froid varie quant à lui entre moins de 1 et 7.5

jours par an. La partie centrale du pays est la plus touchée par les vagues de froid. On observe une forte tendance positive et significative au seuil de 5% pour les vagues de chaleurs avec en moyenne sur la Tunisie une augmentation de presque 6 jours de vagues de chaleur par décennie. La zone bioclimatique la plus touchée par cette augmentation est la zone Saharienne. Les régions humides sont quant à elles moins affectées avec une augmentation de 2.2 jours par décennie. La tendance des vagues de froid est également significative mais négative avec une réduction de 2,1 jours par décennie en moyenne sur la Tunisie. Cette diminution est moins contrastée spatialement avec une réduction maximale pour la zone aride de 2,4 jours par décennie et un minimum de 1,7 jours par décennie pour la zone humide. L'INM (2017) a étudié des indicateurs proches de ceux présentés dans ce paragraphe et obtient les mêmes tendances à la hausse pour les jours de forte chaleur et à la baisse pour les jours de froid.

Etages bioclimatiques

L'indice bioclimatique d'Emberger permet de décomposer le territoire tunisien en étages bioclimatiques. Il est calculé à partir de la pluviométrie annuelle et des températures mensuelles minimales et maximales. A chaque étage correspond des conditions climatiques autorisant le développement d'une végétation particulière. Cette approche a été appliquée dans le cadre de plusieurs travaux scientifiques en Tunisie¹⁴¹⁵, et pour l'élaboration de la carte bioclimatique de la Tunisie¹⁶ (INRF, 1976). En reprenant les seuils prescrits par Le Houerou¹⁷ et utilisés récemment par le CNEA (carte à gauche), une version actualisée de la carte bioclimatique a été réalisée pour la période 1981-2010 (carte à droite) :

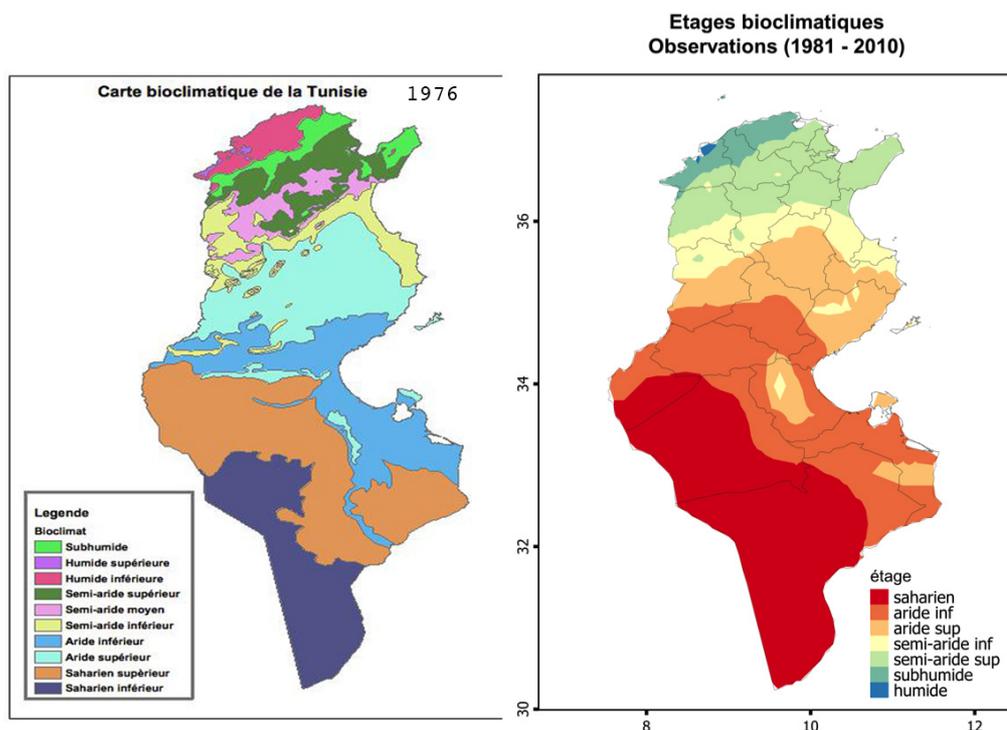


Figure 1 : Cartes des étages bioclimatiques 1981-2010 – à gauche données de 1976 à droite, carte actualisée

La distribution des étages se fait globalement selon la latitude, mais des zones remarquables se démarquent. Le littoral méditerranéen fait reculer l'étage saharien vers

¹⁴ Delhoume, 1981. Etude en milieu méditerranéen semi-aride. Ruissellement et érosion en zone montagneuse de Tunisie centrale.

¹⁵ CNEA, 2007. Elaboration d'une étude sur l'état de désertification pour une gestion durable des RN

¹⁶ INRF, 1976. Carte bioclimatique de la Tunisie issue de la classification d'Emberger Etages et variantes.

¹⁷ Le Houerou, 1969. La végétation de la Tunisie steppique (avec références au Maroc, à l'Algérie et à la Libye).

l'intérieur des terres. Nous retrouvons de plus une partie des étages aride supérieur et semi-aride inférieur au sein de l'étage aride inférieur, à l'intérieur des côtes du golfe de Gabès, ainsi qu'au niveau de la frontière libyenne Nord. Un couloir moins aride longeant la côte Est semble également ressortir.

L'étage aride représente la plus grande partie de la Tunisie. A l'inverse, l'étage humide se concentre uniquement sur la partie littorale du gouvernorat de Jendouba.

Il serait intéressant de comparer cette carte avec celle établie en 1976 afin d'identifier les changements survenus depuis cette date dans la distribution des biomes. On parle en effet très souvent d'une « remontée des étages bioclimatiques » et donc de l'aridité en Tunisie. Néanmoins cette comparaison nécessite de s'assurer au préalable de la cohérence des seuils utilisés entre les deux cartes. En effet, une comparaison visuelle de la figure 35 avec la carte de 1976 semble indiquer une extension de l'étage aride et une contraction des étages supérieurs en particulier humide et subhumide. Mais sans connaître les seuils d'Emberger utilisé en 1976 il est difficile de conclure ; les différences constatées pouvant être simplement le fait de l'application de seuils différents pour la définition des étages.

Par la suite, l'établissement des cartes d'Emberger aux deux horizons temporels et pour les deux RCP nous permettra d'évaluer l'effet du changement climatique sur cette distribution biogéographique et sera de nature à informer sur l'évolution des potentialités agricoles.

1.2.2.1. Indicateurs agro climatiques

Les résultats pour les indicateurs agroclimatiques sont présentés à la suite. Ils permettent d'établir un état initial quant à l'exposition de la Tunisie aux risques climatiques liés à la production agricole. Cette étape est un préalable avant la comparaison ultérieure avec les projections climatiques. Pour chaque indicateur, sont présentées :

- Une carte présentant la valeur moyenne de l'indicateur sur la période de référence (1981-2010), en chaque point de la grille (pour rappel, 5km x 5km). Elle permet de visualiser l'intervalle de valeurs et la distribution spatiale de l'indicateur ;
- La série temporelle des observations passées, entre 1981 et 2018. L'agrégation spatiale est faite par étage bioclimatique (voir plus haut). Les tendances d'évolution temporelle sont représentées par une droite obtenue par régression linéaire prenant en compte l'influence de l'étage bioclimatique. La tendance pour le climat de référence est un premier élément d'information, mais doit être confirmée par l'analyse du climat futur pour confirmer un effet du changement climatique. Le détail des tests statistiques réalisés (ANCOVA) est disponible en Annexe 4.

Evapotranspiration potentielle d'octobre à mai (ETP)

L'évapotranspiration potentielle estime les pertes d'eau du sol vers l'atmosphère. La période d'octobre à mai est sélectionnée car elle correspond au moment où les apports et les pertes d'eau sont le plus déterminants pour la croissance végétative. Dans les zones méditerranéennes, l'ETP est approchée par une fonction de la température et de la radiation solaire.

Pour la période de référence, la valeur moyenne de l'ETP d'octobre à mai de la Tunisie est de **564 mm**. Elle est plus forte dans le sahel tunisien et à la frontière libyenne (étage saharien), et plus faible sur la dorsale tunisienne et aux alentours. Dans cette période, on observe une

tendance à la hausse très significative, en moyenne de **11.3 mm par décennie** au niveau national. Néanmoins, cette évolution n'est pas statistiquement différente d'un étage climatique à l'autre. Cette augmentation peut engendrer un **renforcement du risque de sécheresse agricole**.

Bilan hydrique d'octobre à mai (BH)

Le bilan hydrique traduit la différence entre les apports par les précipitations et les pertes par l'évapotranspiration réelle (que nous avons supposée approximativement égale à la moitié de l'ETP). Pour la période de référence, la valeur moyenne du bilan hydrique entre octobre et mai est de **- 94 mm**. La côte Nord-Ouest bénéficie du bilan hydrique le plus élevé (> 250 mm). Le passage d'un bilan négatif à un bilan positif est approximativement marqué par la dorsale tunisienne. Entre 1981 et 2018, nous n'observons **pas de tendance significative**. L'augmentation de l'évapotranspiration a été masquée par la forte variabilité des précipitations, voire une légère tendance à la hausse de celle-ci comme indiqué plus haut.

Longueur de la période de croissance végétative (LPC)

La période de croissance végétative correspond à la période pendant laquelle le bilan hydrique est positif, avec un délai supplémentaire pour l'exploitation des réserves en eau du sol par la végétation. La longueur de la période de croissance est en moyenne de **95 jours** sur l'ensemble de la Tunisie entre 1981 et 2010. L'écart entre étages est cependant très marqué. L'étage aride, où se situent beaucoup de parcours a par exemple une longueur moyenne de 90 jours (3 mois), contre 220 jours pour l'étage subhumide (7 mois). Il n'y a **pas de tendance statistiquement significative** détectée au regard de la forte variabilité climatique. L'analyse du climat futur sera nécessaire pour infirmer ou confirmer ce constat.

Date de montaison du blé (D_mon)

La montaison du blé est la phase de développement du blé au cours de laquelle l'épi se développe et les entrenœuds s'allongent. La date de début est estimée en calculant le cumul de chaleur depuis le semis. Pour rappel, le stade « épi 1cm » lors de la montaison est très sensible au gel. La date moyenne de début de montaison se situe autour du **22 mars** au niveau national. Toutefois, en étage subhumide, où se trouve la vallée de la Medjerda qui concentre une grande partie de la production de blé, ce jour est retardé au 31 mars.

Un **avancement très significatif** de la date de montaison est constaté pour la période 1981-2010, de l'ordre de **2.8 jours par décennie** en moyenne sur l'ensemble de la Tunisie, sans différence significative entre étages, indiquant un net raccourcissement du cycle de la culture sur tout le territoire. Cet élément doit être analysé avec le risque de gel.

Date de maturation du blé (D_mat)

La maturation du blé correspond au dernier stade de son développement, durant lequel les grains se remplissent et mûrissent avant la moisson. Tout comme la montaison, la date de début de maturation est calculée par le cumul de chaleur (température de base 0 °C). La date moyenne de début de maturation se situe autour du **17 mai** au niveau national, et le 1^{er} juin pour l'étage subhumide. Là encore, un **avancement très significatif** est détecté, plus important que pour la montaison. Il est estimé à **3.5 jours par décennie** sur l'ensemble de la Tunisie, sans différence significative entre étages, avec pour conséquence des **moissons plus précoces**.

Nombre de jours échaudant entre avril et juin (N_ech)

Le risque d'échaudage est étudié pendant la période de remplissage des grains, entre avril et juin. Le nombre de jours échaudant moyen est de **62 jours** au niveau national, mais n'est que

de 36 jours dans l'étage subhumide. **L'augmentation** du nombre de jours échaudant est **très significative**, avec **3 jours supplémentaires par décennie en moyenne** dans tous les étages, sans différence statistique. **Le risque d'échaudage** est donc devenu plus important entre 1981 et 2018.

Nombre de jours de gel annuels (N_gel_an)

En moyenne, le nombre de jours de gel par an en Tunisie entre 1981 et 2010 est de **4.2 jours**. Le risque gel se concentre très majoritairement au Nord-Ouest, dans l'extension du massif de l'Atlas, et dans une moindre mesure dans le sahel tunisien. Le littoral est protégé du gel. L'augmentation des températures cause une **diminution significative** du nombre de jours de gel, de **0.55 jours par décennie**. Il n'y a **pas de différence statistique** de l'évolution temporelle entre les étages.

Nombre de jours de gel printaniers (N_gel_pr)

Le gel printanier mérite un focus particulier, car s'il est plus rare que le gel hivernal, son impact sur le blé est très fort au stade "épi 1 cm" survenant à cette période.

En moyenne, le nombre d'événements de gel printanier en Tunisie entre 1981 et 2010 est de **1.3 jours** par an. Sa répartition spatiale est similaire au gel annuel, avec des valeurs moyennes moindres. Il n'y a par contre **pas de tendance significative détectable**.

Nombre de jours de gel fort annuels (N_gel_F_an)

Un gel fort est défini comme une température minimale inférieure à -5°C. Il peut provoquer des gros dégâts sur la floraison de l'olivier et le développement des céréales. Le risque de gel fort est faible au niveau national, avec seulement **0.03 jours de gel fort par an**. Le risque est toutefois beaucoup plus élevé au sein des zones montagneuses du Nord-Ouest, ponctuellement supérieur à 1 jour annuel. Au regard des dégâts qu'il peut engendrer, il ne doit donc pas être négligé. **Aucune tendance significative** n'a par contre été détectée.

Quantité de périodes de froid (« chilling portions ») entre octobre et mars (CP)

L'olivier, comme beaucoup d'autres cultures arboricoles fruitières, est une espèce dont l'induction de développement est dépendante d'un apport de froid suffisant au cours de l'hiver précédent. Si ses besoins ne sont pas satisfaits, la floraison est retardée et d'une qualité dégradée, pouvant causer une baisse de la production de fruits. La quantité de froid compatible avec les besoins de l'olivier peut être estimée par les périodes ou portions de froid (« chilling portions »), un indicateur adapté aux climats méditerranéens. Nous retrouvons une répartition spatiale proche des autres indicateurs dépendants de la température, autour d'une valeur moyenne de **68 portions de froid** d'octobre à mars. La diminution, de l'ordre de **5.1 portions par décennie** est **très significative**, avec des conséquences potentielles sur la production, sans différence de tendance temporelle entre étages. Les hivers sont donc **de plus en plus doux** au sens des périodes de froid.

Date de satisfaction des besoins en froid de l'olivier (D_fr_oli)

Un indicateur complémentaire des périodes de froid permet d'estimer la date de satisfaction des besoins en froid de l'olivier à partir du nombre de jours de température moyenne inférieure à 12°C. La date moyenne dans le gouvernorat de Sfax où se situe une importante partie de la production d'olivier renvoie des dates très variables, comprises **entre le 5 et le 30 janvier**. La date de satisfaction semble être retardée entre 1981 et 2018, mais les tests statistiques ne permettent pas de conclure avec certitude (significativité au seuil de 10% uniquement). Les analyses pour le climat futur pourront nous apporter plus d'éléments d'analyse.

Nombre de jours de chaleur extrême entre juin et août (N 40)

Les chaleurs extrêmes (température maximale supérieure à 40°C) tendent à freiner la croissance des fruits, voire les dessécher. Le nombre de jours de chaleur extrême moyen est de **14 jours** au niveau national, mais est largement influencé par l'étage saharien. Il passe à 10 et 3 jours pour les étages aride et semi-aride. **L'augmentation** du nombre de jours de chaleur extrême est **très significative**, avec **1.5 jours supplémentaires par décennie en moyenne**. On constate par contre **des différences de pente significatives** entre étages. **Le risque de chaleur extrême** est donc devenu plus important entre 1981 et 2018.

Indice de répartition pluviométrique (IRP)

L'indice de répartition pluviométrique (IRP) traduit les conditions de pluviométrie en termes de développement de la végétation. Plus l'IRP est élevé, plus la pluviométrie est favorable à la végétation. L'IRP est construit à partir de la pluviométrie mensuelle et de sa variabilité intra-annuelle. Une répartition homogène de la pluviométrie donnera un IRP plus élevé. L'indice de répartition des pluies pour les classes 8-12 et 12-16 traduit des conditions favorables pour les végétations, et par conséquent pour l'agriculture. Il confirme ainsi les niveaux de pressions élevés sur les terres de parcours de la Tunisie aride (en particulier les nappes alfatières de l'aride supérieur) pour les transformer en agriculture (céréaliculture mais surtout arboriculture). Entre le premier et le second inventaire forestier, les surfaces de nappes alfatières de la Tunisie centrale sont passées d'environ 750.000 à 400.000 ha. Néanmoins, le changement climatique n'est pas le seul facteur en jeu dans cette évolution. La menace de changement d'affectation reste élevée, d'autant plus que l'IRP est à minima stable voire croissant (**pas de résultat significatif** cependant).

Nombre de jours entre les 2 premières pluies journalières efficaces (N.P. eff)

Cet indicateur est adapté à l'étude des parcours, dont les occupations prioritaires sont la Tunisie centrale (en dessous de la dorsale) et le sud. Plus l'intervalle entre deux pluies efficaces (supérieures à 10mm) est grand, plus le risque augmente de voir le départ de la végétation s'arrêter. On remarque que l'indicateur calculé dans la quasi-totalité des territoires d'intérêt est supérieur à **25 jours**. Il s'agit d'un délai assez long qui sépare deux pluies utiles, ce qui risque d'augmenter la vulnérabilité du couvert végétal de ces zones face à la sécheresse et en particulier les espèces annuelles. Ces plantes risquent de germer et de démarrer une période de croissance normale qui sera ensuite perturbée voire bloquée par une sécheresse prolongée. Ce phénomène influence par conséquent le développement végétatif des espèces et de fait le disponible fourrager. Nous constatons aussi la forte variabilité, à la fois spatiale et temporelle de cet indicateur. Cependant, il n'y a ainsi pas de tendance temporelle statistiquement remarquable.

1.2.2.2. Tendances et évolutions climatiques futures

Dans cette section, nous analysons les effets du changement climatique sur les 4 variables physiques ainsi que sur les six indicateurs climatiques sélectionnés. Les effets futurs du changement climatique sur les indicateurs agroclimatiques seront traités dans la phase 2 du projet. Pour chaque variable/indicateur, nous présentons une carte de delta (différence entre le futur et la période de référence) pour chacune des périodes cibles (2050 et 2100) ainsi que pour chacun des 2 scénarios RCPs. Nous rappelons que le scénario RCP4.5 correspond à un effort international soutenu de réduction des gaz à effet de serre alors que le RCP8.5 correspond à un scénario « sans politique » qui s'avère aujourd'hui le plus probable au regard du dernier rapport du GIEC et de l'absence de baisse des émissions au niveau mondial. La médiane multi-modèles a été tracée. Elle correspond à la meilleure estimation possible du delta au vu des difficultés des modèles à représenter les différents processus en jeu

(incertitudes techniques). Un test d'inférence statistique de Wilcoxon a été réalisé pour chaque modèle séparément afin de définir si le delta est significatif au seuil de significativité de 5%. Enfin une analyse de la cohérence de l'ensemble multi-modèle a été réalisée. Nous estimons que le delta multi-modèle est significatif si au moins 67% des modèles simulent un delta de même signe et significatif d'après le test de Wilcoxon. Cette information est présentée sur les cartes de delta.

Nous présentons également les séries temporelles des moyennes annuelles entre 1981 et 2100 pour chaque étage bioclimatique. Elles incluent :

- La série temporelle 1981-2100 de la médiane multi-modèle pour le RCP8.5 (série rouge) ainsi que l'enveloppe correspondant aux percentiles 25 et 75 de l'ensemble multi-modèles ;
- La série temporelle 1981-2100 de la médiane multi-modèles pour le RCP4.5 (série bleue) ainsi que l'enveloppe correspondant aux percentiles 25 et 75 de l'ensemble multi-modèles ;
- La droite de régression linéaire pour le RCP8.5 (rouge) et le RCP4.5 (bleue). Cette droite est tracée en **trait plein dans le cas où la tendance est significative** d'après le test d'inférence statistique de Mann-Kendall (seuil de significativité de 5%), et en pointillé dans le cas contraire.

Il est important de noter que les séries de données modélisées et observées ne correspondent pas à la même information en termes de variabilité. Les séries modélisées sont lissées car elles correspondent aux médianes et percentiles de l'ensemble multi-modèle alors que la série observée est beaucoup plus « chaotique » du fait qu'elle représente des valeurs brutes annuelles.

Les changements constatés pour la période de référence (1981-2010) et les horizons considérés indiquent clairement une tendance au réchauffement et à une baisse des précipitations sur le long terme :

- Pour la température moyenne au niveau national : entre +1,5°C et +1,9°C à l'horizon 2050, et +1,9°C et +3,9°C à l'horizon 2100. Des évolutions très similaires sont attendues concernant les températures minimales et maximales ;
- Pour les précipitations annuelles au niveau national : entre -14 mm et -22 mm à l'horizon 2050, et -23 mm et -45 mm à l'horizon 2100.

Ces évolutions sont du même ordre que les résultats des projections de l'INM publiées à l'occasion de la Troisième Communication Nationale de la Tunisie. Ces tendances vont continuer à s'accroître à l'avenir avec une variabilité spatiale marquée par des gradients entre l'est et l'ouest mais aussi entre le nord et le sud.

1.2.2.3. Synthèse des évolutions des variables climatiques

Tableau 3 : Evolutions des variables climatiques

Variables climatiques	Evolution actuelle	Commentaires	Evolution attendue	Commentaires	Concordance des modèles
Cumul de précipitation	Augmentation faible	tendance non-significative	Diminution moyenne	-14 à -22mm en 2050 -23 à -45mm en 2100	Forte
Température minimale	Augmentation forte	+0.32°C/décennie	Augmentation forte	+1.5 à 1.9°C en 2050 +1.9 à 3.9°C en 2100	Forte
Température moyenne	Augmentation forte	+0.37°C/décennie	Augmentation forte	+1.6 à 1.9°C en 2050 +2.0 à 3.9°C en 2100	Forte
Température maximale	Augmentation forte	+0.44°C/décennie	Augmentation forte	+1.7 à 1.9°C en 2050 +2.1 à 3.9°C en 2100	Forte

Les projections d'extrêmes climatiques indiquent une recrudescence des phénomènes de sécheresses en fréquence et en intensité, en particulier dans le scénario RCP 8.5. Les vagues de chaleur pourraient voir leur nombre multiplié par 7. Les vagues de froid et la durée des périodes humides, quant à elles, diminueraient. Les événements de pluie fortes et extrêmes diminueraient dans le Nord du pays mais pourraient augmenter dans le Centre, le Sud et l'Ouest en fonction du type d'évènements considérés.

1.2.2.4. Synthèse des évolutions des indicateurs climatiques

Tableau 4 : Evolutions des indicateurs climatiques

Indicateurs climatiques	Evolution actuelle	Commentaires	Evolution attendue	Commentaires	Concordance des modèles
Nombre maximum de jours consécutifs humides	Augmentation très faible	Tendance non-significative	Diminution faible	Changement non significatif en 2050 -6 à -12% en 2100	Moyenne en 2100
Nombre maximum de jours consécutifs secs	Diminution très faible	Tendance non-significative	Augmentation moyenne	Changement non significatif en 2050+13 à +31% en 2100	Moyenne à forte en 2100
Nombre de jours de précipitations > 10mm	Stable	Pas de tendance	Diminution faible	Changement non significatif en 2050-7 à -15% en 2100 pouvant atteindre 18% localement	Moyenne en 2100
Nombre de jours de précipitations > 20mm	Stable	Pas de tendance	Changement contrasté	Changement non significatif en 2050 En 2100 : - diminution pouvant atteindre -30% localement dans les zones humides et subhumides - légère augmentation dans certaines zones au Sud, à l'Ouest et au Centre du pays	Moyenne en 2100
Nombre de jours de précipitations > 40mm	Stable	Pas de tendance	Indéterminée	Incapacité des modèles à représenter ce phénomène	Faible
Nombre de jours de précipitations > 70mm	Augmentation très faible	+0.01 jour /an	Indéterminée	Incapacité des modèles à représenter ce phénomène	Faible
Nombre de jours de canicule	Augmentation forte	+0,58 jour / an	Augmentation très forte	Multiplication par 3 en 2050 Multiplication par un facteur 4 à 7 en 2100	Forte en 2100
Nombre de jours de vague de froid	Forte diminution	-0.21 jours / an	Forte diminution	-61 à -70% en 2050 -71% à -79% en 2100	Forte en 2100

1.2.2.5. Indicateurs agros climatiques

Tableau 5 : Synthèse des indicateurs agro-climatiques

Indicateurs agroclimatiques	Evolution actuelle	Commentaires	Evolution attendue
ETP	Augmentation forte	+ 11,3 mm / décennie	A venir en phase 2
Bilan hydrique	Stable	Pas de tendance significative détectée	
Longueur de la période de croissance	Stable	- 2,7 jours / décennie, mais non significatif	
Date de montaison du blé	Diminution forte	- 2,8 jours / décennie	
Date de maturation du blé	Diminution forte	- 3,5 jours / décennie	
Nombre de jours échaudant	Augmentation forte	+ 3 jours / décennie	
Nombre de jours de gel annuels	Diminution moyenne	- 0,55 jours / décennie	
Nombre de jours de gel printaniers	Stable	Pas de tendance significative détectée	
Nombre de jours de gel fort annuels	Stable	Pas de tendance significative détectée	
Quantité de portions de froid	Diminution forte	- 5,1 portions / décennie	
Date de satisfaction des besoins en froid de l'olivier	Indéterminée	+ 1,2 jour / décennie, mais faible significativité	
Nombre de jours de chaleur extrême	Augmentation forte	+ 1,5 jour / décennie	
IRP	Stable	+ 1,3 point / décennie, mais non significatif	
Nombre de jours entre 2 pluies efficaces	Stable	Pas de tendance significative détectée	

1.2.3. Impacts actuels du changement climatique sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Tunisie

Changement climatique et sécurité alimentaire

Le changement climatique a des interactions complexes avec les systèmes alimentaires et sur la disponibilité, l'accès, l'utilisation et la stabilité des aliments, qui sont les piliers de la sécurité alimentaire. Le schéma ci-contre montre les liens entre le changement climatique et la sécurité alimentaire. Le rapport spécial sur le changement climatique et les terres du GIEC¹⁸ (2019) indique que les changements climatiques observés ont déjà une incidence sur la sécurité alimentaire en raison de la hausse des températures, de la modification des régimes de précipitations et de la fréquence accrue de certains événements extrêmes. Les changements climatiques devraient avoir un impact négatif sur les quatre piliers de la sécurité alimentaire - disponibilité, accès, utilisation et stabilité - et leurs interactions (FAO et al. 2018). Les modèles économiques mondiaux prévoient une hausse du prix des céréales qui pourrait atteindre 30% en 2050, en raison du changement climatique ce qui aurait un impact sur les consommateurs du monde entier du fait de la hausse des prix des denrées alimentaires, les pays et ménages à faible revenu étant particulièrement à risque. Face aux phénomènes extrêmes et aux interconnexions croissantes, les risques de perturbation du système alimentaire augmentent.

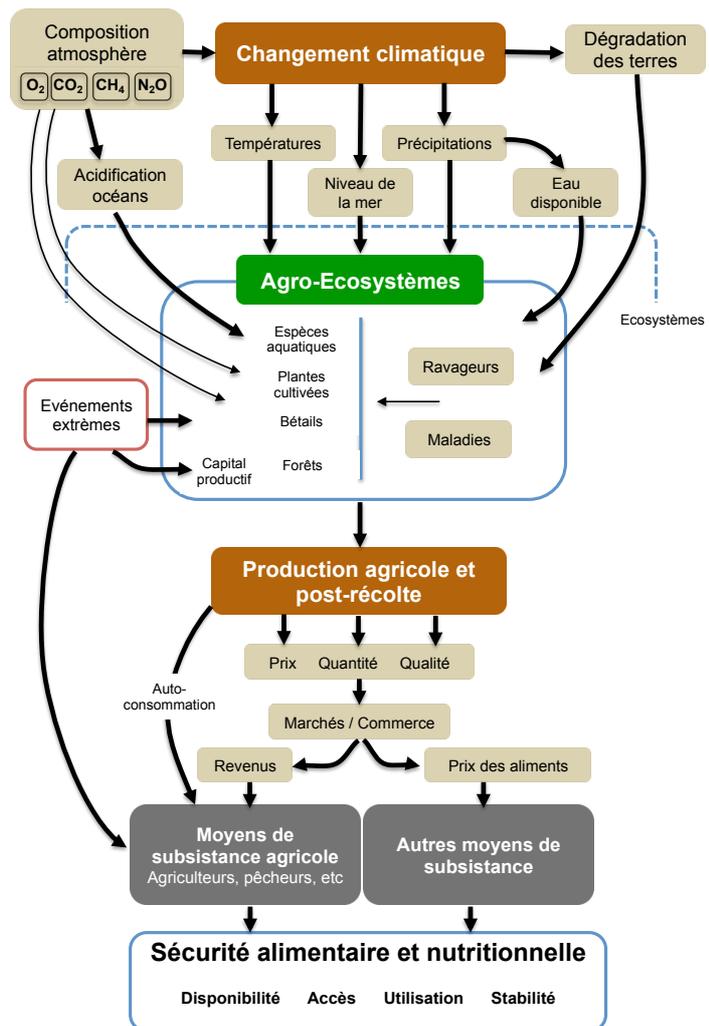


Figure 2 : Schéma de la sécurité alimentaire

La vulnérabilité des systèmes pastoraux au changement climatique est très élevée. Le pastoralisme est pratiqué dans plus de 75% des pays par 200 à 500 millions de personnes, parmi lesquelles des communautés nomades, des éleveurs transhumants et des agropasteurs. Les impacts sur les systèmes pastoraux en Afrique incluent la baisse de productivité des pâturages et des animaux, la détérioration de la fonction de reproduction et la perte de biodiversité. La vulnérabilité des systèmes pastoraux est exacerbée par des facteurs non climatiques (appropriation privée de l'espace, sédentarisation, effondrement

¹⁸ <https://www.ipcc.ch/srccl/>

des communs, espèces envahissantes, manque de marchés et conflits). D'autre part, la sécurité alimentaire et le changement climatique ont une dimension liée au genre et à l'équité. Dans le monde entier, les femmes jouent un rôle clé dans la sécurité alimentaire, bien qu'il existe des différences régionales. L'inégalité des femmes au sein du ménage limite leur capacité à acheter de la nourriture ; les limitations comprennent également le manque de mobilité des femmes ayant une incidence sur les déplacements vers le marché et le manque de prise de décision au sein du ménage. Par ailleurs, les hommes, les femmes, les enfants et les personnes âgées ont des besoins nutritionnels différents (notamment pendant la grossesse et l'allaitement). A l'instar des femmes, les impacts du changement climatique sont plus forts pour d'autres populations vulnérables et pauvres, notamment les jeunes ruraux, les personnes âgées, les personnes handicapées et les migrants, notamment ceux se trouvant en situation irrégulière.

Impacts sur la disponibilité alimentaire

Les effets avérés et potentiels de la variabilité et du changement climatiques sur la production agricole ont déjà été synthétisés pour la Tunisie dans la Troisième Communication Nationale (2018). Il s'agit donc ici de tenter d'améliorer la quantification des impacts climatiques sur les rendements agricoles et pastoraux à l'échelle nationale. Ainsi des modèles statistiques d'impact sur la disponibilité alimentaire appliqués aux trois productions ciblées par l'étude ont été construits. Ces relations permettent d'expliquer certains effets déjà constatés pour les 3 filières et serviront en Phase 2 à modéliser l'impact attendu du changement climatique sur la disponibilité alimentaire en appliquant les conditions climatiques futures présentées au chapitre 2 aux fonctions de production et de rendement.

Céréales

La construction d'un modèle simulant les rendements des céréales en fonction des paramètres climatiques passés se base sur une série statistique des productions et superficies en blé dur, blé tendre, orge et triticale, à partir de 1982 à l'échelle du gouvernorat, grâce aux données mises à disposition par le ministère de l'agriculture, ainsi que des données complémentaires sur la part de la céréaliculture en irrigué à l'échelle des gouvernorats. Ceci a permis de restreindre la modélisation aux seules céréales conduites en pluvial.

Les paramètres climatiques journaliers, calculés selon la méthodologie présentée dans le chapitre II, offrent une information beaucoup plus fine spatialement (5 km²) que celle des statistiques agricoles (par gouvernorat). C'est pourquoi le climat moyen par gouvernorat et par zone agricole a été calculé. La délimitation des zones agricoles a été produite à partir de la carte de l'inventaire forestier national. Les pluies, la somme des températures, les évapotranspirations journalières, le bilan hydrique climatique ainsi qu'un indicateur de longueur du cycle végétatif ont été calculés. Les corrélations entre ces paramètres annuels, saisonniers et mensuels ont été établies et ont permis une première sélection des modèles de prévision. La stationnarité des données a été prouvée statistiquement et des régressions linéaires multiples ont été réalisées. Ainsi, les pluies et les ETP saisonnières, ainsi que la longueur du cycle végétatif sont des variables pertinentes du modèle sélectionné pour l'interprétation des rendements passés et la projection future.

Tous les modèles présentés s'adaptent aux spécificités des données agricoles disponibles en Tunisie et aux paramètres climatiques qui sont simulés pour le futur. Les modèles

sélectionnés permettent de tenir compte des effets des variations des quantités et de la distribution des pluies saisonnières, la longueur de la période humide et les variations des températures

Il ressort de cet exercice que parmi tous les indicateurs utilisés, le bilan hydrique climatique (BH_{an}=P-0.5 ETP) est un indicateur clé pour la prévision des rendements du blé dur, blé tendre et de l'orge avec des corrélations fortes et positives de l'ordre de 0,675, 0,755 et 0,630 respectivement pour le blé dur, blé tendre et orge.

Oliviers à huile

De même que pour les céréales, la modélisation des rendements de l'olive à huile s'est adaptée aux spécificités des données statistiques disponibles et aux paramètres climatiques disponibles. Les données de production et de superficie à l'échelle du gouvernorat couvrent seulement douze années (2006-2017), ce qui est relativement faible particulièrement à cause du phénomène d'alternance de la production pour l'olivier. Une série plus longue sur les surfaces et la production ainsi que la part de l'irrigué permettrait d'améliorer la simulation des rendements. D'autre part, les données disponibles ne permettent pas de tenir compte de l'impact de certains menaces et aléas climatiques tel le sirocco ou la grêle. Cet exercice de prévision est limité aux variables climatiques disponibles.

Les données climatiques issues des modèles présentés au chapitre 2 et moyennées par gouvernorat et par zone arboricole ont été utilisées. Ainsi la température est exprimée en somme de degrés jours (DJ) (les températures supérieures à 0), l'évapotranspiration potentielle a été calculée à l'échelle de la journée à partir de la température, le bilan hydrique climatique a été estimé également selon la formule P-0.5 ETP. Pour les indicateurs de besoin en froid de la floraison de l'olivier, le nombre de jours pour lesquels la température moyenne est inférieure à 12 degrés a été estimé pour trois périodes : novembre-décembre-janvier ; novembre-décembre-janvier-février et novembre-décembre-janvier-février-mars. Finalement, afin de tenir compte de l'arrêt potentiel de la croissance et du dessèchement des fruits. Le nombre de jours pour lesquels la température maximale est supérieure à 40 degrés (>40°C) a été calculé.

Il ressort de cette analyse que le bilan hydrique climatique, le nombre de jours où la température est supérieure à 40°C et l'alternance apparaissent comme les indicateurs les plus significatifs pour la prévision des rendements de l'olivier à huile. L'indicateur des besoins en froid utilisé (nombre de jours où la température est <12°C) apparaît avec une moindre importance.

Parcours

La modélisation de la production des terres de parcours s'est fondée sur des observations de terrain réalisées lors de deux inventaires forestiers et pastoraux nationaux en 1990 et 2000 dans le but d'estimer la quantité de matière sèche par hectare puis le nombre d'unités fourragères correspondantes. Ces d'observations, ont été complétées par des relevés réalisés en 2008 et 2009 par les chercheurs de l'Institut des Régions Arides sur les parcours du Sud Est (Médenine).

L'ensemble de l'échantillon statistique est constitué de 215 points d'observation. Les variables climatiques et autres indicateurs qui ont été employés pour les tests de modélisation sont calculés à l'échelle de toutes les unités cartographiques classées comme terres de parcours dans le deuxième inventaire forestier et pastoral national.

Trois modèles ont été testés pour établir des relations entre la production fourragère et les variables climatiques (températures moyennes, minimales, maximales et précipitations annuelles et par saison. Le modèle retenu est inspiré des travaux de LEHOUEIROU (1992), que nous avons adapté au contexte actuel, et qui estime la production en kilogrammes de matière sèche par hectare et par an sur la base de la pluie efficace.

Le coefficient d'efficacité pluviométrique (CEP) de 1,9 que nous avons déterminé sur la base des relevés terrain est inférieur à ceux proposés par d'autres chercheurs en Tunisie et en Algérie avec 2,1 et 2,4 respectivement. Cette baisse de l'efficacité de la pluviométrie peut être due à plusieurs facteurs d'ordre biophysiques, de gouvernance, mais aussi climatiques.

Néanmoins, les effets du climat sur la production pastorale ici démontrés peuvent être aggravés par les activités humaines comme l'ont démontré divers auteurs qui considèrent que la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation de la température du sol ce qui a pour effet de diminuer ses capacités de stockage de l'eau et tend à renforcer l'aridité d'origine climatique.

En revanche, il n'existe pas de relation forte entre disponible fourrager et effectif des cheptels, ce qui met en évidence un mode d'élevage basé essentiellement sur des apports alimentaires de substitution procurés par des importations. En effet, selon les données officielles, les parcours procurent entre 8 et 16% des besoins alimentaires des cheptels selon les années. Ceci confirme le diagnostic déjà posé par divers auteurs qui expliquent que ces dynamiques ont permis l'émergence d'une nouvelle catégorie d'"entrepreneurs de l'élevage" de moins en moins dépendants des ressources fourragères pastorales. Ces mutations, les nouveaux modes de gestion adoptés et les stratégies individuelles mises en œuvre, sont de nature à amplifier davantage la vulnérabilité intrinsèque des terres de parcours face aux changements climatiques et fragilise les filières dépendantes et finalement la sécurité alimentaire nationale.

Impact sur les ressources en eau

La politique de gestion centralisée de l'eau fondée sur le développement de l'offre rencontre depuis une vingtaine d'années ses limites, puisque la quasi-totalité des ressources ont été mobilisées, dessinant ainsi une perspective de plus en plus conflictuelle, d'autant dans une perspective de baisse et de plus grande irrégularité des précipitations et de hausse des températures. Tous les modèles climatiques convergent sur la diminution des cumuls de précipitation sur tout le pays, particulièrement sur l'étage humide et sub humide du Nord.

D'autre part, l'augmentation moyenne du niveau de la mer de 30 à 50 cm à l'horizon 2050, sera à l'origine d'une perte par salinisation d'environ 50% des ressources actuellement disponibles dans les nappes côtières et perte indirecte du potentiel de la superficie irrigable d'environ 38000 ha, soit 10% de la superficie irriguée actuelle (MEDD - Août 2015). La demande en eau de l'agriculture irriguée augmentera sous l'effet des changements climatiques (prolongation des périodes sèches et de l'élévation des températures) et aura des impacts liés aux disponibilités des stocks d'eau de surface et souterraines et de leurs qualités qui seront affectés par une exploitation plus intensive engendrant des coûts plus élevés du pompage, dégradation de la qualité et concurrence entre les différents secteurs de développement.

Impacts sur la pêche et l'aquaculture

« Selon la FAO il est bien établi que « les variations de température et d'autres éléments résultant du changement climatique auront un impact profond sur la pêche et l'aquaculture ».

La pêche de capture est fondamentalement différente d'autres systèmes de production alimentaire dans ses liens et ses réactions au changement climatique et les effets sur la sécurité alimentaire qui en résultent. A la différence de la plupart des animaux terrestres, les espèces animales aquatiques utilisées pour la consommation humaine sont poïkilothermes, ce qui signifie que leurs températures corporelles varient selon les températures ambiantes. Tout changement de température de l'habitat influence de manière significative leur métabolisme, leur taux de croissance, productivité, leur reproduction saisonnière et leur susceptibilité aux maladies et aux toxines ».

Les activités de pêche sont donc particulièrement vulnérables à l'élévation de la température moyenne, ainsi qu'aux variations physico-chimiques du milieu marin (turbidité, salinité, acidité, etc.), mais également aux extrêmes climatiques (crues terrestres, vents et tempêtes, vagues de chaleurs).

Pour les côtes tunisiennes, l'évolution observée du niveau de la mer est +2,6 cm/décennie pour la période 1999-2007. Le Golfe de Gabès apparaît comme une des régions les plus affectées par les surcotes maritimes en Méditerranée. Les infrastructures portuaires sont donc vulnérables à la hausse du niveau des océans et aux risques de submersion marine. Les impacts de la surexploitation, la pollution, la dégradation des habitats auxquelles s'ajoutent les changements climatiques impactent déjà les ressources marines.

Toutes les études s'accordent sur le fait que la production phytoplanctonique, surtout dans le golfe de Gabès est régie par la fluctuation de la salinité et de la marée (cycle des nutriments) et dans un moindre degré par la variation de la température. La production primaire connaît :

- Une modification profonde dans la composition et la structure de la communauté halieutique
- Abondance d'espèces nuisibles dont la prolifération est généralement imprévisible, irrégulière et de courte durée
- Fréquence plus élevée des blooms d'algues toxiques (HAB's) à l'origine de mortalités massives d'organismes marins notamment d'espèces d'intérêt halieutique et des conséquences dramatiques sur l'environnement.
- Les événements extrêmes (inondations) peuvent perturber la saisonnalité de la production primaire et entraîner une modification des biomasses phytoplanctoniques

Il ressort de cette étude que les pressions trophiques des méduses sur les stocks de poissons sont loin d'être négligeables et qu'ils peuvent affecter négativement et sérieusement l'équilibre des écosystèmes marins et lagunaires.

D'autres études montrent que les pêcheries artisanales des Kerkennah et la pêche à pied des palourdes dans le golfe de Gabes pratiquées par plusieurs milliers de femmes, sont menacées par l'augmentation du niveau de la mer ».

Impacts du CC sur l'accès, l'utilisation et la stabilité du système alimentaire

En termes d'accès aux aliments, les événements extrêmes et les dégâts qui en résultent, affectent les moyens de subsistance et les revenus des producteurs de denrées alimentaires et plus généralement des ménages, en particulier les plus pauvres. A titre d'illustration, les inondations de mars 1979 (Médénine, sud du pays) ont engendré la perte de 7600 têtes ovines alors que celles du Janvier 1990, (Sidi Bouzid, Gafsa, Kairouan, Jeffara), en plus de

50 000 hectares endommagés ont causé la perte de 7800 têtes de bétail. De même, les inondations ont endommagé 85% des récoltes en 2003 (Nord du pays et grand Tunis) et 3.000 hectares de terres agricoles en 2011 (Nord du pays, Zaghuan, basse vallée de la Medjerda), Enfin, récemment, 1791 agriculteurs ont été sinistrés par les inondations de septembre 2018 (Nabeul, Cap Bon et Kasserine). La baisse des revenus des producteurs et des ménages ruraux est de nature à limiter la capacité de ces populations à accéder à la nourriture dont ils ont besoin.

Ces événements extrêmes et la dégradation des conditions de production peuvent engendrer une hausse et une plus grande volatilité des prix des denrées alimentaires à l'échelle mondiale et nationale, contraignant ainsi les ménages les plus pauvres à réduire leur consommation alimentaire en quantité et en qualité.

En termes d'utilisation biologique des aliments, plusieurs phénomènes se conjuguent :

- La réduction de la qualité de l'eau potable suite à des vagues de chaleur et des inondations, entraîne une recrudescence de maladies diarrhéiques, affectant principalement les populations à faible revenus.
- Des conditions d'humidité ou de températures plus favorables au développement de micro-organismes et de toxines induisent des phénomènes de contamination des aliments et de la chaîne d'approvisionnement alimentaire (stockage, chaîne de froid).
- L'aridification peut provoquer une baisse de la qualité nutritive des aliments notamment de leur concentration en vitamines et en oligo-éléments.
- La perte de revenus suite à un choc climatique, induit pour les ménages les plus modestes, une baisse des dépenses de santé.

En termes de stabilité, le principal événement manquant la décennie actuelle est la hausse des prix alimentaires en 2007-2008, qui a mis en évidence la vulnérabilité de la Tunisie. Des épisodes climatiques extrêmes, y compris sécheresses et inondations, ont touché les principaux pays producteurs de céréales en 2005-2006. La production céréalière mondiale a chuté de 3,6 pour cent en 2005 et de 6,9 pour cent en 2006 avant de se rétablir en 2007.

En Tunisie, après une période de relative stabilité, les prix à l'importation des céréales ont connu une augmentation spectaculaire en 2008 puisqu'ils ont été multipliés par 3,69 pour le blé dur, par 2,56 pour le blé tendre et par 2,4 pour l'orge. Quant aux huiles de graines, importées, leur prix moyen à l'importation est passé de 944 dinars la tonne en 2005 à 1200 dinars en 2007, soit une augmentation de l'ordre de 27%. Cet accroissement des prix à l'importation s'est répercuté en partie sur les prix à la consommation avec une hausse de l'indice général des prix à la consommation de 5,7%, de 9,4 % pour les produits céréaliers et de 14,6 %, pour les produits laitiers.

L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des événements extrêmes, notamment les sécheresses affecte la stabilité des approvisionnements, réduit les revenus des agriculteurs et des ménages les plus pauvres, alors que la plus grande rareté de l'eau tend à générer des conflits entre usagers et une course à la concurrence qui favorise ceux qui disposent de moyens pour extraire de l'eau toujours plus profond.

1.3. Conclusions relatives aux effets du changement climatique RCP 4.5 et RCP 8.5

Dans cette première étape de l'étude, il est démontré que si l'autosuffisance alimentaire n'a pas été atteinte, le secteur agricole dans son ensemble a connu une croissance de sa valeur ajoutée de plus de 4% par an pendant les 50 dernières années – le multipliant par 4 en valeur, alors que sa contribution au PIB national diminuait de moitié, de 20% au début des années 60 à un peu moins de 10% aujourd'hui. En toile de fonds du niveau élevé de sécurité alimentaire que connaît la Tunisie aujourd'hui, en comparaison avec ses voisins d'Afrique du Nord et d'autres pays à revenu intermédiaire, se trouvent des politiques publiques agricoles et de développement dont les fondements ont été maintenus depuis l'indépendance, notamment le rôle central de l'État dans les investissements productifs et sociaux (infrastructures, irrigation, eau potable, électrification, éducation, santé publique). Mais le déficit extérieur se creuse avec des importations alimentaires qui augmentent fortement et renforcent la dépendance et la vulnérabilité aux chocs extérieurs. Enfin, le glissement d'une alimentation de type méditerranéen à une alimentation déséquilibrée, a des impacts négatifs considérables sur la santé publique, avec plus de la moitié des personnes en surcharge pondérale.

Aujourd'hui, l'asservissement de l'agriculture aux besoins des autres secteurs, les structures foncières trop inégalitaires et la concurrence internationale accrue renforcent les contraintes et dessinent les contours d'une problématique structurelle qui s'aggrave. C'est le cas en premier lieu pour les ressources naturelles indispensables au développement de la production agricole, notamment des sols déjà peu fertiles et en voie de dégradation, de l'eau peu abondante mais de plus en plus surexploitée, tout comme les ressources halieutiques victimes à la fois de la pollution et de la surpêche. C'est également le cas pour les femmes et les hommes occupés dans l'agriculture, l'élevage et la pêche, très faiblement organisés en tant que secteur privé, qui dans l'ensemble s'appauvrissent et rencontrent des difficultés croissantes pour assurer la relève générationnelle.

Le changement climatique impacte ces contraintes structurelles, en les renforçant ou en les atténuant. Le rapport a permis de bâtir une base de connaissances solides qui éclaire sur la nature des risques concernant la production agricole et la sécurité alimentaire. Les changements constatés pour la période de référence (1981-2010) et les horizons considérés indiquent clairement une tendance au réchauffement et à une baisse des précipitations sur le long terme :

- Pour la température moyenne au niveau national : entre +1,5°C et +1,9°C à l'horizon 2050, et +1,9°C et +3,9°C à l'horizon 2100. Des évolutions très similaires sont attendues concernant les températures minimales et maximales.
- Pour les précipitations annuelles au niveau national : entre -14 mm et -22 mm (moins 6 à moins 9% des valeurs actuelles) à l'horizon 2050, et -23 mm et -45 mm (moins 9 à moins 18% des valeurs actuelles) à l'horizon 2100.

Ces évolutions sont du même ordre que les résultats des projections de l'INM publiées à l'occasion de la Troisième Communication Nationale de la Tunisie.

Ces tendances vont continuer à s'accroître à l'avenir avec une variabilité spatiale marquée par des gradients entre l'est et l'ouest mais aussi entre le nord et le sud.

Les projections d'extrêmes climatiques indiquent une recrudescence des phénomènes de sécheresses en fréquence et en intensité, en particulier dans le scénario RCP 8.5. Les vagues de chaleur pourraient voir leur nombre augmenter par 7. Les vagues de froid et la durée des

périodes humides, quant à elles, diminueraient. Les événements de pluie fortes et extrêmes diminueraient dans le Nord du pays mais pourraient augmenter dans le Centre, le Sud et l'Ouest en fonction du type d'événements considérés.

En outre, une version actualisée de la carte bioclimatique a été réalisée pour la période 1981-2010. Une comparaison visuelle de cette carte avec celle de 1976 semble indiquer une extension de l'étage aride et une contraction des étages supérieurs en particulier humide et subhumide. La Phase 2 de l'étude permettra de projeter ces indicateurs dans le futur et d'affiner ainsi le diagnostic.

Un ensemble d'indicateurs climatiques et agroclimatiques pertinents pour l'agriculture ont pu également être proposés, apportant un éclairage nouveau sur la nature des risques sur les productions étudiées ainsi que sur leur évolution récente. Il ressort de l'analyse des tendances passées (1981-2010) une évolution marquée en termes d'augmentation de l'ETP, l'avancée de stades phénologiques du blé, à la baisse de la vernalisation, à l'augmentation des jours échaudants et globalement à la baisse des périodes de froid et l'augmentation des hivers doux. Ces évolutions sont de nature à renforcer le risque de sécheresse agricole, le risque d'échaudage du blé ou encore le risque de développement des bio-agresseurs dues à des hivers plus doux et des températures élevées.

D'une manière générale, la tendance à l'aridification du climat résultant de températures durablement plus élevées, d'une augmentation de l'évapotranspiration (+ 11,3 mm / décennie) associée à une augmentation des épisodes de canicule (multiplication par 3 en 2050 et par 4 à 7 en 2100) et une baisse irréversible des précipitations de l'ordre de 18% à l'horizon 2100 font peser des contraintes considérables sur le secteur agricole. D'autre part, la diminution des précipitations touche principalement les régions des étages bioclimatiques humide et subhumide du Nord de la Tunisie, c'est à dire les grandes régions céréalières et agricoles, alors que les régions du Sud ne devraient pas être affectées par cette diminution.

Il en résulte des interrelations complexes entre déterminants climatiques et non climatiques de la sécurité alimentaire. Un travail de quantification des effets sur la disponibilité alimentaire a été proposé à partir de la construction de plusieurs modèles statistiques liant climat et productivité physique des céréales, de l'olivier et des terres de pâturage.

En s'adaptant aux spécificités des données statistiques et climatiques disponibles, cinq modèles de simulations des rendements en fonction de variables climatiques significatives ont été construits : blé dur, blé tendre, orge, olivier à huile et production fourragère sur les terres de parcours. Ces modèles sont plus consistants pour les céréales, grâce à une série statistique de 27 années et au fait que les simulations ont été réalisées sur les seules cultures conduites en pluvial, ce qui n'a pas été possible pour l'olivier à huile. Pour la production fourragère, l'approche a été nettement expérimentale, du fait de l'inexistence de séries temporelles de mesures de la production nationale.

Pour les céréales, il ressort de cet exercice que parmi tous les indicateurs utilisés, le bilan hydrique climatique ($BH_{an} = P - 0.5 \text{ ETP}$) est un indicateur clé pour la prévision des rendements du aussi bien à l'échelle nationale que régionale avec des corrélations positives et fortes.

Pour l'olivier à huile, il ressort de cette analyse que le bilan hydrique climatique, le nombre de jours où la température est supérieure à 40°C et l'alternance, apparaissent comme les indicateurs les plus significatifs pour la prévision des rendements. L'indicateur des besoins en froid utilisé (nombre de jours où la température est <12°C) apparaît avec une moindre importance.

Le modèle retenu pour la modélisation de la production fourragère des terres de parcours, est fondé sur l'analyse de la pluie efficace. Le coefficient d'efficacité pluviométrique (CEP) de

1,9 que nous avons déterminé sur la base des relevés terrain est inférieur à ceux proposés par d'autres chercheurs en Tunisie et en Algérie avec 2,1 et 2,4 respectivement. Cette baisse de l'efficacité de la pluviométrie peut être due à plusieurs facteurs d'ordre biophysiques, de gouvernance, mais aussi climatiques.

Néanmoins, les effets du climat sur la production pastorale ici démontrés peuvent être aggravés par les modes des activités humaines comme l'ont démontré divers auteurs qui considèrent que la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation de la température du sol ce qui a pour effet de diminuer ses capacités de stockage de l'eau et tend à renforcer l'aridité d'origine climatique. En revanche, il n'existe pas de relation forte entre disponible fourrager et effectif des cheptels, ce qui met en évidence un mode d'élevage basé essentiellement sur des apports alimentaires de substitution procurés par des importations. En effet, selon les données officielles, les parcours procurent entre 8% et 16% des besoins alimentaires des cheptels selon les années. Ceci confirme le diagnostic déjà posé par divers auteurs qui expliquent que ces dynamiques ont permis l'émergence d'une nouvelle catégorie d'"entrepreneurs de l'élevage" de moins en moins dépendants des ressources fourragères pastorales. Ces mutations, les nouveaux modes de gestion adoptés et les stratégies individuelles mises en œuvre, sont de nature à amplifier davantage la vulnérabilité intrinsèque des terres de parcours, notamment du fait des pratiques de surpâturage, ce qui fragilise encore plus les filières dépendantes et finalement la sécurité alimentaire nationale.

Ces modélisations permettront de quantifier les effets futurs du changement climatique sur la production alimentaire nationale et d'affiner ainsi la connaissance de la vulnérabilité du système de sécurité alimentaire de la Tunisie.

Pour ce qui concerne la pêche, la présente étude n'a pas développé de modèle de prédiction des évolutions de la production. Néanmoins, plusieurs études qualitatives montrent que ce secteur est déjà impacté par le changement climatique avec :

- Une modification profonde dans la composition et la structure de la communauté halieutique
- L'abondance d'espèces nuisibles dont la prolifération est généralement imprévisible, irrégulière et de courte durée
- La fréquence plus élevée des blooms d'algues toxiques (HAB's) à l'origine de mortalités massives d'organismes marins notamment d'espèces d'intérêt halieutique et des conséquences dramatiques sur l'environnement.
- Des événements extrêmes (inondations) peuvent perturber la saisonnalité de la production primaire et entraîner une modification des biomasses phytoplanctoniques
- L'augmentation des pressions trophiques des méduses sur les stocks de poissons notamment pour les écosystèmes lagunaires.
- Les pêcheries artisanales des Kerkennah et la pêche à pied des palourdes dans le golfe de Gabes pratiquées par plusieurs milliers de femmes, sont menacées par l'augmentation du niveau de la mer.

Les impacts d'ores et déjà constatés sur l'accès et l'utilisation des aliments en Tunisie ainsi que la stabilité de ces dimensions ont été illustrés à partir d'évènements climatiques récents et ont notamment montré les effets différenciés constatés entre homme et femmes.

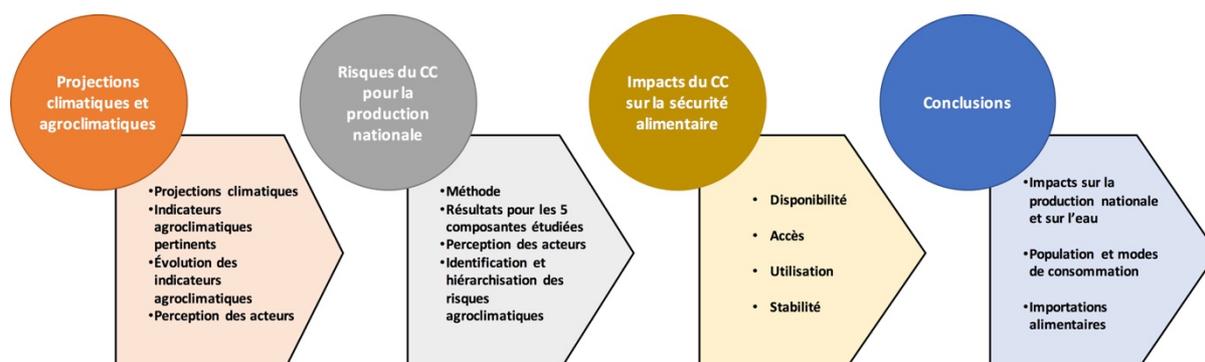
L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des évènements extrêmes, notamment les sécheresses affecte la stabilité des approvisionnements, réduit les revenus des agriculteurs et des ménages les plus pauvres, alors que la plus grande rareté de l'eau tend à générer des conflits entre usagers et une course à la concurrence qui favorise ceux qui disposent de moyens pour extraire de l'eau toujours plus profond.

2. CHAPITRE 2 : DEUXIEME ETAPE

IMPACTS DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE

La Tunisie est passée en quelques décennies, d'une situation de relative autosuffisance alimentaire au lendemain de l'indépendance à une croissante exposition aux aléas des marchés mondiaux de matières premières alimentaires comme aux aléas climatiques. Les perspectives du changement climatique font craindre une accentuation de ces phénomènes. Dès lors, se pose la question des moyens à mobiliser pour améliorer durablement la sécurité alimentaire et en particulier des moyens de protéger et renforcer les capacités nationales de production et les possibilités de réduire la dépendance aux marchés mondiaux pour l'approvisionnement en aliments de base.

Le présent chapitre s'attache à caractériser les impacts du changement climatique principalement par rapport aux conséquences sur la production nationale pour cinq composantes phares de l'alimentation en Tunisie que sont l'eau, les céréales, l'oléiculture, les fourrages et donc les productions animales et les produits de la pêche. L'évolution de la demande alimentaire, qui n'est pas directement corrélée au CC est également étudiée pour pouvoir produire une évaluation des impacts sur la composante utilisation des aliments, qui est un facteur clé de la sécurité alimentaire. Le graphique ci-dessous présente le lien entre les différentes étapes du présent travail, constituant chacun un chapitre du rapport.



Notre démarche, présentée en introduction, apporte de nombreuses innovations qu'il convient de souligner :

- Pour la première fois en Tunisie, un modèle climatique national de 1981 à 2100 à 5 km de résolution, échelle pertinente pour l'analyse agroclimatique, a été construit et décliné en deux scénarios RCP 4.5 (fourchette haute de l'accord de Paris) et RCP 8.5 (tendance actuelle).
- La distribution des étages bio-climatiques qui datait des années 70 a été actualisée puis projetée dans le futur.
- Une analyse de l'évolution des aires d'aptitude climatique en fonction des cultures a été réalisée pour la première fois à l'échelle nationale.
- Un bilan hydrique national (demande/ressource) a été construit pour la première fois en tenant compte de l'évolution climatique par bassin versant.
- Des modèles mathématiques permettant d'estimer l'évolution des rendements en lien avec les facteurs climatiques ont été mis au point pour la première fois

- Une estimation de l'évolution de la production aux horizons 2050 et 2100 pour les cultures étudiées a été réalisée pour la première fois à l'échelle nationale à la fois sous l'hypothèse de maintien des surfaces et de variation de l'aptitude climatique.
- Une analyse quantitative et qualitative spécifique aux zones de pêche tunisiennes a permis de produire pour la première fois une estimation de l'évolution des ressources halieutiques marines à l'échelle nationale.
- L'analyse spatiale à différentes échelles a permis d'identifier les espaces les plus vulnérables aux impacts du CC

2.1. Les projections climatiques et agroclimatiques

Les principaux enseignements de l'analyse des projections climatiques et agroclimatiques sont les suivants :

- Au niveau national, une augmentation des températures (entre +1.5°C et +1.9°C à l'horizon 2050 et entre +1.9°C et +3.9°C à l'horizon 2100) et une diminution des précipitations annuelles (entre -6% et -9% en 2050 et entre -9% et -18% en 2100 par rapport à la période de référence 1981-2010) sont attendues sous changement climatique ;
- Le changement climatique devrait entraîner une augmentation des événements climatiques extrêmes, notamment des phénomènes de sécheresse ;
- La distribution des étages bioclimatiques devrait évoluer avec une remontée des étages bioclimatiques vers le Nord, une extension de l'étage saharien et la quasi-disparition de l'étage humide d'ici 2100 ;
- Les projections climatiques indiquent un bilan hydrique moins favorable sur l'ensemble du territoire entraînant une diminution de l'apport en eau disponible pour les productions ;
- Une hausse des températures hivernales est aussi attendue, affectant les stades de développement des cultures et les rendements ;
- L'augmentation des températures va accroître le stress hydrique avec notamment un plus grand nombre des jours de chaleur extrême.

2.2. Les enseignements de l'analyse des risques du CC sur la production nationale

Les modélisations effectuées de l'évolution du changement climatique sur la production nationale a été réalisée pour 5 composantes phares de l'alimentation tunisienne :

- L'eau
- Les principales céréales (blé dur, blé tendre et orge) conduites en pluvial
- L'olivier à huile
- Les parcours et la production de viande rouge (ovins, caprins) associée
- Les produits issus de la pêche maritime

Pour chacune de ces cinq composantes sont modélisés et quantifiés de manière précise les impacts des indicateurs agroclimatiques en termes de production. Les principaux résultats obtenus pour chacune de ces composantes sont présentés ci-dessous.

Conclusions pour l'évolution des ressources en eau :

En Tunisie, les ressources en eau constituent l'une des ressources naturelles les plus menacées. Le tiers des ressources en eau souterraine provient de nappes très faiblement renouvelables et sont, de ce fait, épuisables. Les ressources en eau renouvelable représentent une fraction des eaux pluviales et tout changement quantitatif ou qualitatif des précipitations, des températures et de l'évaporation aura un impact direct sur le potentiel en eau de surface et souterraine.

Sous l'effet du changement climatique, les caractéristiques hydrologiques vont très probablement changer dans le futur ce qui va nécessiter un nouveau modèle de gestion des ressources en eau afin de réduire la vulnérabilité des différentes activités dépendantes.

Sous l'effet de la diminution de la pluviométrie et l'augmentation de la température, les résultats des formules empiriques de Tixeront, de Turc et de Schreiber basées sur l'approche du bilan hydrologique, montrent une nette diminution des apports en eau qui varie selon les scénarios de 25 à 36% à l'horizon 2050 et de 33 à 61% à l'horizon 2100. En considérant uniquement l'élévation de température et en prenant une pluviométrie constante jusqu'à 2100, les écoulements baissent de 7 à 11% en 2050 et de 9 à 20% en 2100 selon les différentes formules. Nous constatons que le tiers de la diminution des écoulements est dû à l'augmentation de l'évapotranspiration et les 2/3 reviennent à la diminution de la quantité de pluie.

En considérant l'étroite relation entre les écoulements de surface et l'infiltration, le taux de variation des volumes infiltrés seraient équivalents à celui des eaux d'écoulement de surface. Seules les nappes à ressources renouvelables sont affectées par le changement climatique, les réserves en eau des nappes du Sahara septentrional ne seront concernées que par l'augmentation de la demande en eau.

Le quota en ressources renouvelables par habitant et par an pourrait passer de 366 m³ actuellement à 200 m³ en 2050 et moins de 150 m³ en 2100. Ces chiffres sont très faibles et en dessous du seuil du stress hydrique et ne peuvent pas satisfaire la demande eau des différents secteurs avec les technologies actuelles.

Au centre et au sud, les agriculteurs s'orientent de plus en plus vers l'arboriculture irriguée qui était traditionnellement exclusivement pluviale. Au nord, les céréales s'étendent de plus en plus dans les périmètres publics irrigués par les eaux des barrages. Pour satisfaire leur demande en eau, les agriculteurs se sont orientés vers les techniques d'économie d'eau. Celles-ci sont devenues une composante essentielle de l'équipement des superficies irriguées.

Les agriculteurs du nord perçoivent mieux le changement climatique, que ceux du centre et du sud, ces derniers insistent surtout sur le phénomène de l'élévation de la température et se sont orientés depuis longtemps vers l'irrigation intensive ou complémentaire à partir des eaux souterraines. L'accès direct à la ressource, parce que souterraine, et les prélèvements intensifs sur les réserves semblent à l'origine d'une plus faible sensibilité des agriculteurs irrigants aux effets du changement climatique.

Conclusions pour les céréales conduites en pluvial :

Toutes les régions de la Tunisie devraient subir une augmentation majeure de la survenue des aléas touchant la céréaliculture tels que l'échaudage, les hivers doux menant à un non-nettoyage des maladies et des ravageurs et l'avancée du cycle de

développement des cultures. Ce dernier aléa présente un risque important s'il coïncide avec l'apparition de gel printanier, dont la fréquence devrait augmenter dans le Centre Est. Enfin, les régions du Sud et du Centre Ouest seront les plus exposées à la survenue de périodes de stress hydrique.

Toutes les prévisions montrent que l'impact du changement climatique sur le rendement céréalier est négatif pour les trois principales céréales cultivées en Tunisie.

Ainsi, pour le blé dur, les projections climatiques indiquent une baisse du rendement de l'ordre de 14 à 26% à l'horizon 2100, ce qui signifie entre moins 1,7 qx/hectare et moins 3,2 qx/ha à l'horizon 2100 pour les scénarios RCP 4.5 et RCP8.5. La baisse de rendement du blé tendre en pluvial serait encore plus marquée avec moins 18% jusqu'à moins 33% selon les scénarios à l'horizon 2100. Le rendement national simulé pour l'orge pourrait connaître une baisse située entre 14 et 32%.

L'analyse de la variabilité interannuelle (approchée par l'écart-type) des rendements simulés des céréales à l'échelle des gouvernorats ne montre pas de bouleversements majeurs concernant l'aptitude climatique des gouvernorats pour les deux horizons temporels (2050 et 2100) et pour les deux RCP considérés.

Les aires d'aptitude climatique favorables à la céréaliculture se contracteraient et remonteraient vers le nord de la Tunisie, en raison des changements climatiques. Les incertitudes dans les projections des aires d'aptitude, liées aux différences de projection entre les modèles climatiques, s'accroissent avec le temps et sont plus importantes pour le scénario RCP8.5.

A l'horizon 2100, les aires favorables aux céréales (blés et orge) diminueraient en moyenne de 16% (entre -31% et +4% selon les modèles climatiques) pour le scénario RCP8.5 et en moyenne de -8% (entre -20% et +9%) pour le scénario RCP4.5.

Le blé tendre serait le plus affecté avec une diminution moyenne de 26% (entre 0% et -32%), puis l'orge avec en moyenne -13% (entre -28% et +7%) et enfin le blé dur avec en moyenne -8% (entre -33% et +5%).

Ces diminutions d'aires favorables auront des impacts négatifs sur la production céréalière en Tunisie, dans les conditions technologiques et économiques actuelles qui caractérisent les pratiques de production.

Conclusions pour l'oléiculture

Contrairement à une idée communément admise, les oliveraies tunisiennes sont particulièrement exposées au risque du changement climatique. Cela s'explique en partie parce qu'elles sont principalement situées à proximité de zones déjà fortement défavorables.

Toutes les régions de la Tunisie devraient ainsi subir une forte augmentation de la survenue des aléas touchant l'oléiculture, tels que le nombre élevé de journées de canicules couplé à un stress hydrique et menant à une baisse des rendements, ou encore des hivers doux avec peu de jours frais, menaçant la satisfaction des besoins en froid de l'olivier pour la floraison. L'augmentation de la survenue du gel printanier, présentant un risque de destruction de la floraison menant à une perte de rendement, devrait être observée uniquement dans le Centre Est. Dans les autres régions, ce risque devrait diminuer voire disparaître.

Les projections climatiques RCP 4.5 révèlent une baisse de rendement de l'ordre de 30% entre la période de référence (1981-2010) et 2100 ce qui représente une perte de plus de

200 kilogrammes par hectare. Pour le scénario RCP 8.5, la diminution à l'horizon 2100 serait beaucoup plus forte, autour de 66%, avec un rendement de l'ordre de 250 kilogrammes par Ha. L'écart type moyen des rendements calculés pour les multi-modèles est estimé à 0,07 T/ha.

Les aires d'aptitude climatique à l'oléiculture se contracteraient et remonteraient vers le nord de la Tunisie, en raison des changements climatiques. Les incertitudes dans les projections des aires d'aptitude, liées aux différences de projection entre les modèles climatiques, s'accroissent avec le temps et sont plus importantes pour le scénario RCP8.5. Elles sont également très importantes pour les classes "Très favorables" et "Très défavorables", situées aux limites climatiques de la Tunisie et donc sensibles à toute variation du climat.

A l'horizon 2100, les aires favorables à l'oléiculture diminueraient en moyenne de 14% (entre -27% et +7%, selon les modèles climatiques) pour le scénario RCP8.5 et en moyenne de -5% (entre -17% et +11%) pour le scénario RCP4.5.

Néanmoins, ces résultats sont à nuancer du fait de la faiblesse des données disponibles (voir partie sur les limites de ce travail).

Conclusions pour les parcours

L'ensemble des régions de la Tunisie devrait subir une augmentation importante de la survenue des aléas touchant les activités pastorales, tels que le nombre élevé de journées de canicules accompagné d'un stress hydrique et menant à une baisse des rendements fourragers, ou encore des précipitations spatialement et temporellement irrégulières affectant le développement de la végétation.

Les projections de la production fourragère des parcours montrent une tendance générale à la baisse dans le futur, plus prononcée vers la fin du siècle pour le scénario RCP8.5 avec une diminution de l'ordre de 40% environ par rapport à la période de référence. Pour le RCP4.5, la plus forte baisse, comparée à la période de référence, se situerait à l'horizon 2050 avec une perte de l'ordre de 20%.

A l'échelle des gouvernorats à l'horizon 2100, les pertes deviennent fortes et inquiétantes et ce surtout dans les gouvernorats du sud qui par ailleurs sont ceux qui contribuent à la majeure partie du disponible pastoral national et à un degré moindre dans les autres gouvernorats du pays.

Les aires d'aptitude climatique des plantes pastorales se contracteraient et remonteraient vers le nord de la Tunisie, en raison des changements climatiques.

A l'horizon 2100, les aires favorables aux plantes pastorales diminueraient en moyenne de 19% (entre -36% et +1%, selon les modèles climatiques) pour le scénario RCP8.5 et en moyenne de -9% (entre -27% et +3%) pour le scénario RCP4.5. Les réductions attendues sont relativement plus importantes que pour les céréales (-16%) et l'olivier (-14%).

Néanmoins, les conséquences sur la production nationale de produits carnés ne seraient pas si importantes, du fait d'un faible rôle des parcours dans l'alimentation des cheptels. En revanche les éleveurs et les populations des régions du sud et du centre de la Tunisie où se concentrent les parcours, subiront une baisse sensible de leurs revenus.

Conclusions pour l'évolution des ressources halieutiques :

L'appréhension des effets du changement climatique sur les stocks halieutiques est d'autant plus complexe que la Tunisie constitue l'une des sept écorégions marines de la Méditerranée avec des caractéristiques océanographiques particulières (zone de

transition hydrodynamique, biogéographique et géologique), charnière entre sa partie occidentale et orientale du fait de sa localisation face au détroit de Sicile. Le phénomène majeur que connaît cet espace depuis plusieurs décennies est l'augmentation de la température de l'eau, qui détermine largement une dynamique d'invasion accélérée d'espèces exotiques à la productivité souvent supérieure à celle des espèces endémiques.

Les évaluations scientifiques montrent en effet que les stocks halieutiques notamment benthiques sont en pleine exploitation voire surexploités et que les principales potentialités résident dans les ressources pélagiques et les espèces exotiques.

Si cette trajectoire devait se poursuivre au même rythme d'ici à 2050 et 2100, la productivité moyenne des zones de pêche tunisienne pourrait doubler en 2100 avec 2 tonnes par km² en moyenne et jusqu'à 3 tonnes pour la zone Sud.

Les résultats présentés ci-dessus sont à nuancer si l'on tient compte des limites de ce travail qui sont exposées ci-dessous :

- L'inaccessibilité des données pluviométriques historiques nationales (INM) a conduit au recours à des sources internationales, moins précises et fiables pour certaines zones notamment littorales. L'insuffisance de la connaissance et de l'accès aux données relatives à l'évolution des stocks halieutiques, et l'imprécision des données statistiques des captures rendent les prévisions plus aléatoires.
- Les statistiques agricoles disponibles relativement bonnes pour les céréales, l'étaient nettement moins pour l'olivier (série temporelle de surface et production par gouvernorat de 15 ans seulement et sans distinction entre pluvial et irrigué) et encore moins pour les parcours.
- L'analyse avec une entrée par culture et non par système de production a l'avantage de faciliter la modélisation et l'analyse des impacts mais limite la compréhension des mécanismes d'adaptation possibles qui sont de l'ordre de l'analyse des systèmes de production et non pas des productions prises séparément.
- De nombreux autres facteurs impactent la production et interagissent avec les questions climatiques : la dynamique de dégradation des sols agricoles est un aspect particulièrement préoccupant de la viabilité future des systèmes de production, et au-delà des facteurs socio-économiques essentiels tels que l'organisation des producteurs face aux marchés, les prix et la rentabilité de la production, l'accès au financement et à l'investissement.

2.3. L'évolution de la disponibilité des aliments

Céréales (pluvial et irrigué)

Les projections mettent en évidence une baisse de la production nationale comprise entre 16 et 21% dans le RCP4.5 et entre 14 et 38% pour le RCP8.5 pour les horizons 2050 et 2100 respectivement. La production estimée à 15 millions de quintaux dans la période de référence pourrait chuter de près de 6 millions de quintaux en moins. Toutefois, ces estimations moyennes sont à relativiser au vu des incertitudes liées aux différentes projections climatiques générées par l'ensemble multi-modèles. La baisse de production pourrait donc être plus ou moins prononcée dans un intervalle de l'ordre de plus ou moins 15% autour de la moyenne. D'autre part, on remarque la sensibilité plus grande du blé tendre

aux effets du CC par rapport aux deux autres céréales, en particulier lorsqu'on applique l'effet d'aptitude climatique. Ainsi à l'horizon 2100 et pour le scénario RCP8.5, la production de blé tendre pourrait connaître une baisse de deux tiers, passant de plus de 2 millions de quintaux à moins de 700 000.

Conséquence de la diminution de la production nationale de céréales et de l'augmentation de la population (+ 1,2 millions d'habitants), les importations de ces produits, essentiellement blé tendre et orge pourraient augmenter dans une fourchette de l'ordre de 600 à 900 000 tonnes, sans tenir compte des importations de maïs pour l'alimentation animale, principalement à destination de l'aviculture.

Huile d'olive

L'impact sur la production est considérable, entre moins 23% et moins 70% selon les scénarios et les horizons en considérant l'analyse de la variation de la distribution spatiale des aires d'aptitude climatique favorables. La production d'huile pourrait ainsi se situer autour de 60 000 tonnes en 2100 avec le scénario RCP8.5 au lieu des 200 000 tonnes de la période de référence. Encore une fois et plus encore que pour les céréales, ces prévisions sont sujettes aux incertitudes liées aux différents modèles climatiques disponibles et aux données partielles disponibles (pas de distinction entre irrigué et pluvial, observations limitées à une période de 15 ans). Un effort d'approfondissement serait nécessaire dans le cadre de projets de recherche. Dans le cas de certains modèles climatiques, les aires d'aptitude favorables à l'olivier pourraient augmenter dans le cas du scénario RCP8.5 en 2100 et infléchir en partie les prévisions baissières de production. La principale conséquence de la chute de la production serait donc une baisse considérable des revenus nationaux et donc d'entrée de devises provenant de l'exportation de l'huile d'olive et une hausse des importations d'huile de graine. La balance commerciale des produits alimentaires irait alors en se creusant et la question clé consiste à savoir dans quelle mesure les autres secteurs pourraient générer suffisamment de devises pour payer la facture alimentaire des importations.

Viandes rouges ovines et caprines en lien avec les parcours

La production de viande rouge correspondante à la production fourragère se situe autour de 14% de la moyenne de la production nationale de la dernière décennie soit autour de 8000 tonnes. Son évolution sous l'effet du changement climatique est décroissante à tous les horizons et pour les deux scénarios et oscille entre moins 12 et moins 51% soit une diminution entre moins 1000 et moins 4000 tonnes de viande.

La variation des aires d'aptitude climatique favorable aux trois plantes fourragères étudiées donne une indication générale de la tendance à la réduction des surfaces qui se situe en moyenne entre moins 4 et moins 19% soit entre 50 et 100 millions d'UF.

Les impacts négatifs du changement climatique sur les parcours sont donc faibles au regard de la production nationale de viande rouge ovine et caprine et ne représentent que 3 à 6% de la production nationale. En revanche les impacts locaux sur les éleveurs qui dépendent étroitement de ces ressources seront significatifs, notamment du fait de la hausse des coûts de l'alimentation des cheptels.

Produits de la mer

Les produits de la mer, qui jouent un rôle considérable dans l'alimentation des tunisiens surtout dans les régions côtières pourraient connaître une évolution positive de leur production et des volumes exportés avec un gradient croissant du Nord au Sud, ce qui contraste avec le bilan des productions agricoles. Néanmoins, à l'heure actuelle, nous ne savons pas dissocier la part de l'impact du changement climatique de celle induite par d'autres facteurs.

La modélisation avec une approche expérimentale de production halieutique montre que celle-ci pourrait doubler d'ici 2100 et dépasser les 200 000 tonnes, sous l'effet entre autres,

de l'augmentation de la température de l'eau et de l'arrivée de nouvelles espèces, définissant ainsi les contours d'une nouvelle culture halieutique en Tunisie. Ces conclusions coïncident avec des publications scientifiques récentes montrant clairement le déclin des ressources marines natives en Méditerranée et leur substitution par de nouveaux stocks dont nous découvrons progressivement les comportements et la phénologie dans l'écosystème récepteur.

Les exportations de produits de la mer pourraient donc connaître une augmentation substantielle. Toutefois, certains types de pêche risquent d'affronter de lourdes difficultés, notamment la pêche au charfia et la pêche à pied, qui verront leurs aires de pêche diminuer fortement du fait de l'augmentation du niveau de la mer (Archipel des Kerkennah et golfe de Gabés). La pression adaptative sera donc de plus en plus forte pour les pêcheurs côtiers et les milliers de femmes qui récoltent les palourdes.

Pour faire face à une demande grandissante en produits de la mer et pour garantir une pêche durable et résiliente face aux aléas du changement climatique, l'intégration par les décideurs et les pêcheurs, d'une gestion rationnelle de la ressource halieutique basée sur l'approche écosystémique est indispensable. La complexité du milieu marin et l'interférence de multiples facteurs (pollution, la pêche illégale et la surexploitation) pour la sauvegarde de la biodiversité rendent le bon état des stocks halieutiques fortement tributaires de la préservation de la santé des écosystèmes marins. En d'autres termes, il s'agit de réfléchir à comment faire évoluer les pratiques halieutiques sans occasionner de nouvelles nuisances à l'environnement marin.

2.4. L'évolution de l'accès aux aliments

Les projections de la FAO, concernant l'évolution des prix à la production, indiquent pour la Tunisie une augmentation à l'horizon 2050 qui varie entre 5% et 25% selon le scénario envisagé.

L'évolution des prix aux consommateurs dépendra de plusieurs facteurs. D'une part, la répercussion des prix mondiaux sur les prix locaux dépendra du volume d'importation des produits importés, mais aussi d'autres facteurs tel que le taux de change et la politique de subvention alimentaire. D'autre part puisque le changement climatique se traduirait par une baisse de l'offre locale on peut s'attendre à une tendance à l'augmentation des prix aux consommateurs, bien que l'effet final dépendra de l'évolution de la demande et donc du régime alimentaire.

Au niveau national, l'évolution du revenu peut être approchée au travers du PIB par habitant et par an. Pour la Tunisie, les projections de la FAO prévoient une croissance annuelle moyenne de cet indicateur entre 2012 et 2050 qui varient de 2,9% à 3,5% selon le scénario, mais cela ne signifie pas nécessairement une amélioration du pouvoir d'achat pour tous les Tunisiens. En effet, si la croissance du PIB s'accompagne d'une augmentation des inégalités de revenus, alors le pouvoir d'achat des plus modestes connaîtrait une hausse moins forte, une stagnation ou une diminution avec des conséquences explosives sur le plan politique dans un contexte géopolitique d'instabilité mondiale.

Les chiffres officiels de la Tunisie (indice de Gini) montrent que les revenus sont de mieux en mieux distribués et que les inégalités régressent depuis au moins 20 ans. L'évolution future de cet indicateur dépendra dans une large mesure des politiques publiques, notamment fiscales avec une plus ou moins forte pression sur les hauts et les bas revenus et plus ou moins de subventions pour les producteurs et les consommateurs. La crise COVID

a probablement inversé cette tendance pour 2020 et 2021, avec un nombre de personnes sous le seuil de la pauvreté qui augmente de nouveau.

Concernant l'évolution des revenus des producteurs agricoles, difficile à prévoir compte tenu de leur sensibilité aux prix sur les marchés, on peut avancer deux hypothèses : l'une tendancielle à la baisse, décrite lors de nos entretiens avec des producteurs, qui combine une augmentation des coûts des intrants ainsi que des pertes dues aux phénomènes climatiques qui ne sont pas compensées par des prix rémunérateurs et qui se traduirait par un scénario de décapitalisation. L'autre, souhaitable, avec des coûts maîtrisés, une plus grande résilience aux aléas climatiques et sanitaires (COVID), une amélioration de la productivité de la terre et du travail et des prix permettant d'innover et d'investir dans l'appareil de production et les connaissances.

La baisse des ressources hydrauliques, notamment au centre et au sud, largement dépendante des nappes, souvent déjà surexploitées pourrait nettement diminuer l'emploi salarié de très nombreuses femmes rurales qui travaillent dans les champs de fruitiers, légumes, olivier, et donc fera baisser leurs revenus et in fine affecterait négativement l'accès des femmes et des enfants à une alimentation suffisante et de qualité. Il en est de même pour les femmes qui pratiquent la pêche à pied de la palourde et qui représentent 10% de la population maritime.

Les femmes sont également soumises à l'inégalité persistante dans l'accès à terre, entre autres du fait des règles d'héritage. Selon les données de l'Enquête Structure (2004-2005), les femmes cheffe d'exploitation ne représentent que 6,4 % de l'effectif et ne gèrent que 4 % des superficies agricoles totales. Cette situation pénalise de fait les femmes dans le domaine productif et en particulier dans celui de la production alimentaire où elles représentent près de 40% de la force de travail. D'autre part, la crise COVID affecte plus durement les femmes.

2.5. L'évolution de l'utilisation des aliments

Évolution de la population

La demande alimentaire est principalement portée par l'évolution démographique. Pour la Tunisie, selon les projections de l'ONU, et si l'on retient l'hypothèse moyenne, la population atteindrait 13,8 millions en 2050 pour se stabiliser en 2100 autour de 13 millions d'habitants. Ainsi, d'ici 2100, la population tunisienne s'accroîtrait de 1,2 millions, soit de 10%.

Ainsi, les politiques publiques de natalité, de santé, d'éducation et d'égalité homme-femme, compte tenu du fait que la place des femmes dans la société joue un rôle déterminant dans la croissance démographique, constituent de puissants leviers sur la sécurité alimentaire.

Évolution de la demande en eau

La demande totale en eau augmenterait autour de 38%. Cependant, les ressources risquent de baisser considérablement avec moins 28% en 2050 et moins 59% en 2100, creusant fortement le déficit hydrique. Le recours aux eaux non conventionnelles (eaux usées traitées et dessalement) devrait monter en puissance si les investissements nécessaires sont fait (x10), mais leur contribution au bilan hydrique national restera faible (20%). Les importations nettes d'eaux virtuelles (estimées à 4,7 milliards de m3 en

2013) dépasseront largement les ressources mobilisables en eaux conventionnelles estimées autour de 3 milliards de m³ en 2050.

Évolution du régime alimentaire

Dans la région du Maghreb, les régimes alimentaires combinent une transition nutritionnelle marquée par l'éloignement de la diète méditerranéenne avec moins de céréales et de protéines végétales et plus de protéines animales, d'huile de graines et de sucres dans les repas (INRA 2015).

Pour la Tunisie, la prospective Agrimonde Terra (2015) ébauche cinq scénarios d'évolution des régimes alimentaires qui peuvent se résumer en deux grandes trajectoires contrastées en fonction des politiques publiques mises en œuvre :

- La poursuite des tendances des 30 dernières années, avec une alimentation homogène et mondialisée, entraînant une dépendance croissante aux marchés mondiaux
- Une rupture à la mesure des enjeux, avec la régionalisation de l'alimentation, fondée sur une reconnexion aux territoires et aux traditions de la diète méditerranéenne

L'analyse de l'évolution des habitudes de consommation n'a en revanche qu'un impact modéré sur l'évolution de la demande alimentaire globale selon les modèles considérés. Comme dans le cas de l'évolution démographique, la Tunisie dispose dans ce domaine, de puissants leviers sur sa sécurité alimentaire au moyen de politiques publiques de santé, d'éducation nutritionnelle pour les garçons comme les filles et d'égalité homme-femme, afin d'influer sur l'évolution des modes de consommation et inciter les tunisiens vers une transition en rupture avec les tendances actuelles.

Couverture des besoins alimentaires futurs

Sachant que le seuil de la sous-alimentation se situe autour de 1800 kcal par personne et par jour et que les besoins énergétiques d'un adulte se situent autour de 2400 kcal x personne x jour, la consommation énergétique journalière en Tunisie qui dépasse les 3200 kcal par jour met en évidence une couverture complète des besoins et au-delà, une consommation excessive pour une part majoritaire de la population. C'est l'un des facteurs qui explique la forte prévalence du surpoids et la croissance de l'obésité dans la population tunisienne. L'évolution tracée par la FAO pour 2050 renforce cette tendance avec une augmentation de l'ordre de 5%. La disponibilité en protéines (végétales et animales) tendrait également à augmenter de l'ordre de 8% (moyenne des trois scénarios) pour se situer autour de 103 grammes par jour et par personne. Enfin, selon ses estimations, le nombre de personnes sous alimentées pourrait diminuer d'un tiers en 2050 soit autour de 3% de la population. Néanmoins, la crise COVID a inversé cette tendance depuis 2020.

Ces estimations sont basées sur deux hypothèses principales :

- Le maintien d'une croissance soutenue de la production agricole nationale grâce à l'incorporation de nouveaux progrès techniques, qui neutralisent les impacts négatifs du changement climatique.

- Le maintien d'une capacité de financement des importations alimentaires, notamment celles qui résultent de l'augmentation de la population. Cette capacité de financement en devises, pouvant provenir comme nous l'avons vu précédemment du secteur agricole lui-même (huile d'olive, fruits et légumes, viandes, pêche) et d'autres secteurs générant des revenus en devises (tourisme, industrie, services).

Mais dans le cas où les progrès techniques ne seraient pas suffisants et où d'autres facteurs essentiels comme la dégradation des sols viendraient à s'accélérer, l'équilibre de la balance alimentaire pourrait être bien plus difficile à atteindre si la production nationale baisse alors que la demande alimentaire augmente du fait de la démographie. De fait, la dépendance structurelle aux importations de céréales (blé tendre, orge, maïs) et soja suit une tendance croissante depuis plusieurs décennies.

L'évolution de la diète alimentaire pourrait donc avoir des effets d'amplification des conséquences du changement climatique comme des effets d'amortissement. Avec une alimentation mondialisée, les importations alimentaires augmenteront fortement, alors que dans le retour à la diète méditerranéenne connectée aux territoires, la dépendance aux marchés mondiaux pourrait être sensiblement moins forte.

2.6. Stabilité du système alimentaire

La Tunisie sera plus vulnérable aux événements climatiques extrêmes, plus fréquents dans le futur, en particulier les sécheresses ce qui tendra à augmenter l'instabilité du système alimentaire. Compte tenu de la tendance à la baisse de la production nationale pour les céréales et l'huile d'olive principalement et son corolaire, la hausse des importations alimentaires sur les marchés mondiaux instables eux aussi, notamment sous l'effet de la crise climatique qui touche l'ensemble de la planète laissent craindre l'accentuation de l'instabilité du système alimentaire.

Une plus grande volatilité des marchés internationaux peut perturber l'approvisionnement alimentaire en créant des pics de prix alimentaires, qui peuvent être amplifiés par la mise en place de barrières commerciales et non commerciales aux exportations de la part de pays cherchant à assurer leur sécurité alimentaire domestique. En outre, la perception des problèmes peut alimenter les achats de panique sur les marchés qui, à leur tour, font monter les prix. Les menaces sanitaires, notamment celles en lien avec des zoonoses, tel la COVID font peser de nombreuses incertitudes sur les évolutions futures à court et moyen terme. L'impact COVID va se faire sentir pendant au moins une décennie et d'autres pandémies pourraient perturber lourdement les activités humaines.

En résumé, le système alimentaire tunisien court un risque croissant de perturbation avec des incertitudes quant à la manière dont cela pourrait se manifester : rupture d'approvisionnement provoquant des pénuries temporaires, hausse des prix et spéculation, entre autres.

2.7. Quels enseignements pour la Tunisie et ses partenaires

Les défis posés par l'évolution de la sécurité alimentaire sous contrainte climatique sont considérables pour la Tunisie et ses partenaires.

Nous avons raisonné ici sur la base de cultures et non de systèmes de production avec des manières de cultiver constantes, or ce sont bien des systèmes de production qui peuvent et doivent évoluer en termes structurels pour répondre à des menaces qui sont également structurelles. Les conditions de ces évolutions seront étudiées dans des étapes ultérieures à la démarche de construction du PNA. Nous pouvons dresser ici quelques pistes de réflexion.

En particulier, nous livrons deux conditions nécessaires mais non suffisantes en faveur de l'adaptation de l'agriculture tunisienne au changement climatique.

Les agriculteurs, qui sont les acteurs centraux, sans lesquels aucun développement agricole n'est possible, doivent être proactifs, mis en responsabilité, sur le terrain comme dans les instances de dialogue de politiques publiques. L'agriculture tunisienne souffre de la faible organisation des producteurs et ne les reconnaît pas suffisamment comme force motrice des changements structurels rendus nécessaires à la fois, par le constat des mauvaises performances environnementales, productives et économiques du secteur agricole après l'indépendance, et qui ne feront que s'aggraver avec les effets croissants du changement climatique.

La conviction partagée avec le monde politique, des affaires et l'administration publique, que l'accélération des processus d'exclusion et de paupérisation du monde agricole ne peuvent conduire qu'à un désastre socio-économique du fait de l'effondrement des ressources naturelles du pays (sols, eaux, biodiversité). En outre, tous doivent être convaincus qu'il est possible de trouver des solutions adaptées et plus rentables.

Ces deux conditions pourront être mises en perspectives dans le cadre du rapport de la troisième phase qui s'attachera à explorer les options d'adaptation identifiées collectivement et à les prioriser.

2.8. Conclusions concernant les impacts futurs du CC sur la sécurité alimentaire

Tous les piliers de la sécurité alimentaire de la Tunisie sont susceptibles d'être ébranlés par les impacts du changement climatique pour les scénarios RCP 4.5 et 8.5 tant à l'horizon 2050 que 2100. Ces impacts tendent à s'aggraver significativement pour les scénarios RCP8.5 et l'horizon 2100 par rapport à 2050, montrant ainsi une accélération des effets du changement climatique.

Le Centre et le Sud de la Tunisie, déjà situés en zone saharienne et aride présentent des risques accrus pour l'olivier, les céréales et les parcours avec divers degrés d'exposition : forte pour l'oléiculture en région centre Est et Ouest, plus faible pour les céréales dont les surfaces sont réduites dans ces régions. Le Nord de la Tunisie présente des risques accrus pour les céréales du fait de sa forte exposition. Concernant la pêche, bien que l'augmentation des températures de surface de la mer provoque des effets négatifs sur les espèces endémiques, elle semble nettement favoriser l'invasion accélérée d'espèces exotiques, avec des conséquences positives sur la productivité du milieu marin, si toutefois les phénomènes de pollution, de pêche illégale et de surexploitation ne s'aggravent pas dans les prochaines décennies.

Les questions centrales qui sont posées concernent :

- La vitalité des producteurs, leur capacité à faire évoluer leurs systèmes de production et à tirer un revenu décent de leur travail. La tendance actuelle à la baisse des revenus, décrite lors de nos entretiens avec des producteurs, qui combine une augmentation des coûts des intrants ainsi que des pertes dues aux phénomènes climatiques qui ne sont pas compensées par des prix rémunérateurs se traduirait par la poursuite de la décapitalisation du secteur agricole.
- La place des femmes dans la société et en particulier dans le monde agricole, où elles souffrent plus qu'ailleurs d'un traitement inégalitaire et dont les capacités sont insuffisamment prises en compte.
- La place de l'eau, première ressource alimentaire, qui est de moins en moins abondante et de plus en plus menacée par l'activité humaine et d'une manière plus générale le rapport des citoyens avec la gouvernance des ressources naturelles dans leur environnement.

Le tableau suivant présente une synthèse de ces impacts pour le scénario RCP8.5 (tendance actuelle) et l'horizon 2100.

DISPONIBILITÉ	ACCÈS	UTILISATION	STABILITÉ
<p><u>Eau :</u> Forte baisse des ressources annuelles avec moins 59% affectant les réservoirs et les nappes.</p> <p><u>Céréales :</u> Chute d'un peu plus d'un tiers de la production nationale, affectant plus le blé tendre et l'orge que le blé dur.</p> <p><u>Huile d'olive :</u> Effondrement de la production de plus de deux tiers.</p> <p><u>Viandes ovines et caprines</u> Faible baisse inférieure à 10% de la production nationale.</p> <p><u>Produits de la mer</u> Augmentation sensible de la productivité des zones de pêche du fait des espèces invasives (à effort de pêche constant).</p>	<p><u>Prix (2050) :</u> Hausse des prix à la production entre 5 et 25% pour 2050</p> <p>La hausse des prix à la consommation dépend largement des prix sur les marchés mondiaux et des politiques publiques (taux de change, subvention) pour les produits importés.</p> <p>La crise COVID a contribué à une inflation plus forte et une augmentation de la pauvreté</p> <p><u>Revenus (2050)</u> Hausse du PIB per capita entre 2,9 et 3,5% par an vers 2050. Tendance à une légère réduction des inégalités et du nombre de personnes très pauvres depuis 20 ans. COVID = chute des revenus d'une part importante de la population.</p> <p>La diminution de l'offre d'emploi salarié affectera particulièrement les femmes rurales travaillant dans l'agriculture et celles pratiquant la pêche à pied.</p>	<p><u>Population :</u> Augmentation de 10% soit 1,2 millions (estimation moyenne)</p> <p><u>Demande en eau potable :</u> Augmentation de 38% Détérioration de la qualité de l'eau</p> <p><u>Régime alimentaire :</u> Homogène et mondialisé (tendance actuelle) ou reconnexion aux territoires et aux traditions méditerranéennes</p> <p><u>Couverture des besoins alimentaires (2050):</u> Augmente faiblement pour se situer au-dessus de 3200 Kcal par jour per capita.</p> <p>La crise COVID a un impact négatif sur la qualité de l'alimentation du fait de la chute des revenus.</p>	<p><u>Évènements climatiques extrêmes :</u> Sécheresses plus fréquentes et plus sévères, avec une augmentation de la vulnérabilité pour des évènements se produisant dans le pays et dans les régions d'origine des principales importations alimentaires de la Tunisie</p> <p><u>Marchés internationaux instables :</u> Vulnérabilité aux crises (politiques, sanitaire) et à la spéculation sur les marchés mondiaux de céréales et soja : Volatilité des prix augmente.</p> <p><u>Pénurie alimentaire :</u> Augmentation du risque provoqué une chute de la production nationale et par des achats de panique.</p>

3. CHAPITRE 3 : TROISIEME ETAPE

3.1 Identification et évaluation des options d'adaptation au changement climatique

L'analyse des impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire – principalement la disponibilité provenant de la production nationale - nous a conduit dans le précédent chapitre à montrer que les menaces sont réelles et considérables et que le coût de l'inaction serait catastrophique. Pour cette troisième étape, nous avons donc imaginé une analyse construite autour de deux scénarios contrastés, ayant pour cadre commun l'horizon 2050 sous RCP 8.5 (moyen terme sous hypothèse réaliste de génération de gaz à effets de serre), l'un ébauchant les conséquences de la poursuite des politiques actuelles, l'autre pour dessiner une trajectoire d'adaptation transformative, impliquant des réformes profondes du modèle agricole, en rupture avec le passé.

1. La poursuite des tendances actuelles (PTA), conduirait au renforcement des unités de production intensives en capital qui mobilisent de la main d'œuvre salariée **afin de produire de plus en plus pour les marchés internationaux**, ce que l'étude EAU 2050 qualifie de « Modernisation compétitive des exploitations agricoles ».
2. Une trajectoire d'adaptation transformative (TAT) ouverte à des évolutions structurelles pour aller vers une agriculture plus résiliente, fondée sur des unités de production intensives en travail non salarié, mettant en valeur des écosystèmes naturels en conciliant le progrès technologique et la valorisation du savoir-faire local avec une orientation prioritaire vers la satisfaction des besoins alimentaires nationaux sans exclure l'accès aux marchés internationaux.

Le raisonnement autour de deux scénarios contrastés serait insuffisant pour un exercice abouti de prospective. De nombreuses études prospectives proposent au moins trois scénarios. Mais la finalité de cette étape préliminaire est avant tout de bien mettre en évidence les dilemmes et les contradictions qui caractérisent les politiques de développement passées.

3.1.1 Les options prioritaires d'adaptation au changement climatique

Un ensemble cohérent de 20 options d'adaptation sont proposées, en phase avec les leçons apprises au niveau international, en termes d'adaptation aux changements climatiques. Les options ont été priorisées selon une démarche scientifique et participative, faisant appel à une Analyse Multicritères Hiérarchique et sur la base d'un ensemble de super-critères et de critères pertinents, intégrant notamment leur degré d'efficacité en termes de réduction de la vulnérabilité pour la sécurité alimentaire, leur faisabilité technique, leur intérêt économique, leur acceptabilité sociale, leurs avantages additionnels (environnementaux, sociaux), l'alignement avec les objectifs climatiques, les synergies avec l'atténuation au changement climatique, et les possibilités d'intégration dans les initiatives/politiques existantes.

L'évaluation des mesures a permis de dégager une hiérarchie des options d'adaptation pour la sécurité alimentaire en Tunisie dans la trajectoire d'adaptation transformative face à la poursuite des tendances actuelles.

Classement des options de la " Trajectoire d'adaptation transformative"

1. Renforcer la gestion des risques climatiques (assurance agricole, alerte précoce, météo) au niveau local ;
2. Soutenir une agriculture climato résiliente (diversification, cultures intercalaires, agroécologie, protection des sols et biodiversité) ;
3. Expérimenter, partager, enseigner et promouvoir l'agroécologie (protection des sols, biodiversité) ;
4. Valoriser la qualité de la production dans le territoire (création d'emploi et de valeur ajoutée) ;
5. Renforcer le crédit aux agriculteurs de petite et moyenne échelle (homme et femme) ;
6. Développer les capacités de stockage des récoltes au niveau local et les réseaux de transport ;
7. Développer et entretenir les infrastructures d'irrigation, d'eau potable, d'assainissement et de transport avec les usagers ;
8. Gérer l'eau et la terre de manière rationnelle et équitable pour les mieux les protéger comme un patrimoine de tous ;
9. Créer un fonds de retraite pour les agriculteurs de petite et moyenne échelle incluant les femmes ;
10. Encourager la structuration des chaînes de valeur agricole autour des producteurs (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs).
11. Renforcer l'accès au logement, éducation et santé en zones rurales pour les hommes et les femmes
12. Mobiliser et responsabiliser les producteurs (homme et femme) pour assurer la transformation productive
13. Réformer le ministère de l'agriculture et les instances de concertation / pilotage en progressant vers la parité de genre
14. Concevoir une fiscalité favorable à l'agriculture familiale de petite et moyenne échelle
15. Soutenir l'émergence d'organisations économiques locales entre les mains des producteurs (homme et femme)
16. Reconnaître et protéger le statut professionnel des agriculteurs, éleveurs, pêcheurs
17. Gérer les parcours de manière rationnelle et équitable pour les protéger comme un patrimoine de tous
18. Augmenter substantiellement le salaire minimum agricole pour les femmes et les hommes
19. Renforcer la recherche agricole au service des agriculteurs (homme et femme)
20. Développer l'accès au foncier agricole pour les jeunes agriculteurs (homme et femme) de petite et moyenne échelle

Une meilleure gestion des risques climatiques et un soutien approprié en faveur d'une agriculture et pêche climato-résiliente sont les mesures de plus fort consensus. Le fait que certaines de ces mesures ne figurent pas parmi les 10 premières ne signifie pas qu'elles manquent de pertinence ou d'importance. De fait, certaines mesures sont plus complexes et difficiles à mettre en œuvre, telles que des politiques : i) fiscale favorable à l'agriculture

familiale, ii) foncière favorable à l'installation de jeunes producteurs sur des unités production de petite et moyenne échelle et iii) salariale, favorable aux travailleurs ruraux, particulièrement les femmes. C'est le cas également pour l'émergence d'organisations économiques locales entre les mains des producteurs et en ce qui concerne la réforme du ministère de l'agriculture et de ses instances de concertation et pilotage qui devraient évoluer vers une participation plus forte des producteurs majoritaires et en particulier des femmes.

Chacune des options d'adaptation devra plus tard nécessairement être déroulée en actions de mise en œuvre à une échelle territorialisée, disposant des ressources financières et humaines suffisantes, avec un système de suivi & évaluation (notamment une comptabilité environnementale) performant ainsi que la mise en place des instruments juridiques et réglementaires nécessaires à leur déploiement et à leur appropriation par les parties prenantes.

La question de l'accès au foncier apparaît cruciale – comme dans toutes les agricultures du monde - lorsqu'on envisage cette question sous un angle économique – c'est à dire du point de vue de l'intérêt général, en d'autres termes de la contribution au PIB national.

La recherche d'une plus grande efficacité dans l'usage des ressources devrait donc reposer sur une régulation foncière favorable aux petites et moyennes unités de production qui sont en moyenne entre 3 et 7 fois plus productives que les grandes exploitations.

C'est pourquoi en élargissant de manière significative l'accès à la terre pour les petites unités de production, portant sur environ un tiers des surfaces agricoles, pourrait déclencher un processus aboutissant au renforcement de la sécurité alimentaire nationale, capable de tripler la valeur ajoutée de la production agricole et de créer plus d'un million d'emplois permanents supplémentaires dans le secteur primaire, et ce malgré le contexte de forte et croissante contrainte climatique.

3.1.2 Effet des options proposées sur l'amélioration de la sécurité alimentaire

Une analyse quantitative de chacune des options proposées sous l'angle de leurs effets sur la sécurité alimentaire pour chacun de ses quatre piliers (disponibilité, accès, utilisation et stabilité) a été réalisée au moyen d'une grille de notation, montrant que le scénario transformatif améliorerait significativement la sécurité alimentaire.

SCÉNARIOS	DISPONIBILITÉ	ACCÈS	UTILISATION	STABILITÉ
TENDANCES ACTUELLES	Stagnation ou recul de la production nationale + augmentation de la part des importations dans l'alimentation	Faible augmentation des revenus des ménages et croissance des inégalités	Alimentation mondialisée => diminution de la santé de la population	Plus forte exposition aux aléas climatiques et aux prix mondiaux => Instabilité sociale et politique
ADAPTATION TRANSFORMATIVE	Progression de la production nationale et réduction de la part des importations dans l'alimentation	Augmentation des revenus des ménages et réduction des inégalités	Alimentation méditerranéenne => amélioration de la santé de la population	Moindre exposition aux aléas climatiques et aux prix mondiaux => stabilité sociale et politique

3.1.3 Recommandations pour un cadre de mise en œuvre des options d'adaptation

Ce rapport traite également des conditions nécessaires pour mettre en œuvre les options d'adaptation, en partant d'une situation où ces options sont insuffisantes pour réduire la vulnérabilité future avec la « poursuite des tendances actuelles » et en aboutissant à une situation désirée mobilisant la « théorie du changement » où les options potentielles d'adaptation permettront de réduire fortement la vulnérabilité des systèmes de production au changement climatique. Pour alimenter la réflexion, des ateliers de concertations ont été organisés à distance avec les cinq groupes de référence (Eau, Céréales, Oléiculture, Élevage sur parcours, Pêche) incluant des producteurs, des cadres de l'administration et des enseignants chercheurs, afin de discuter les propositions de scénarios et de mesures d'adaptation et aborder les questions de mise en œuvre. Ces conditions sont relatives à la gouvernance (réglementaire et institutionnelle), au financement, à la recherche et l'innovation et au renforcement de capacités des acteurs.

La trajectoire d'adaptation transformative opère sur trois axes principaux :

- **Le facteur humain**, avec un renforcement de la place des femmes et des producteurs dans la gouvernance des ressources naturelles et le rôle de la jeunesse, principale force capable de relever le défi climatique dans les campagnes tunisiennes. De la vitalité des agriculteurs, éleveurs, pêcheurs dépend largement l'efficacité de l'adaptation du système alimentaire national. Ils sont au cœur des processus d'adaptation.
- **L'organisation des producteurs** pour faire face aux marchés. C'est une condition essentielle pour leur permettre d'obtenir des revenus attractifs et cela permet une amélioration sensible de la capacité du secteur privé d'assurer ses responsabilités économiques et sociales.

- **L'accès à la terre** (et d'autres facteurs) plus démocratique et moins coûteux pour les producteurs de petite et moyenne échelle, qui sont les plus efficaces en termes de développement économique et social, puisqu'ils produisent en général une valeur ajoutée par unité de surface plus importante que les grandes exploitations agricoles.

L'influence des réseaux sociaux dans la propagation de modèles (sociaux, économiques et politiques) mérite d'être prise en compte. La transmission orale séculaire des savoir-faire locaux peut passer aujourd'hui par d'autres canaux et contribuer à multiplier et consolider les initiatives locales de transformation. Les diverses expériences organisationnelles, sociales et économiques sur le terrain constituent autant d'écoles, de sources d'inspiration pour encourager la mobilisation de l'intelligence collective locale. Il est donc nécessaire de repenser les fonctions d'information, de formation, d'accompagnement technique, notamment grâce aux échanges horizontaux entre agriculteurs qui sont plus que jamais possibles grâce aux technologies de l'information et du partage de connaissances.

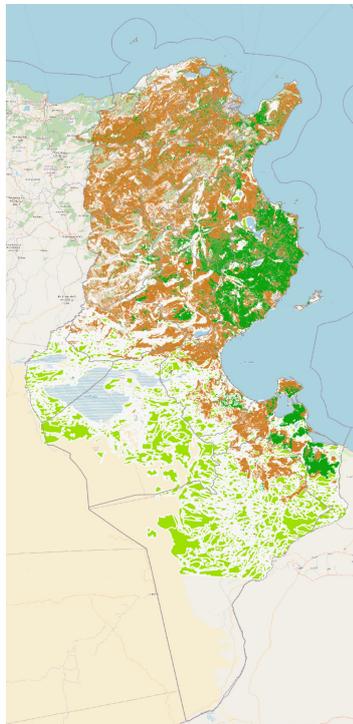
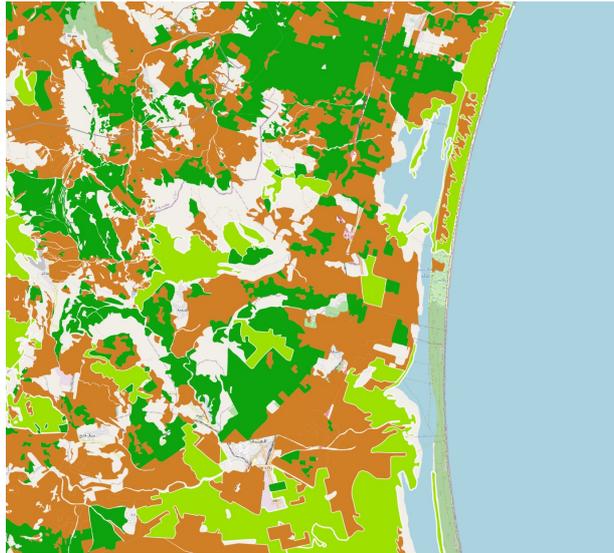
Cela ne peut pas se faire en l'espace d'un plan quinquennal. C'est pourquoi, cette trajectoire d'adaptation transformative s'inscrit dans une perspective de trente ans (horizon 2050) et pourrait comporter deux paliers :

- Dans l'actuelle décennie, il serait souhaitable d'opérer des inflexions cohérentes en termes d'investissements dans le sens de réduire certains efforts dans les infrastructures faiblement climato-résilientes tout en augmentant significativement les efforts de formation de capacités des agriculteurs, d'appui à leurs organisations et de mobilisation citoyenne. Une modernisation rapide de la gouvernance des ressources naturelles accompagné de politiques foncières et fiscales en faveur des producteurs de petite et moyenne échelle est indispensable pour créer les signaux d'attractivité vers la jeunesse rurale, ainsi que pour les femmes.
- Les deux décennies suivantes 2030-2050, peuvent permettre de développer largement l'agroécologie et de diversifier les économies dans les territoires, ce qui aura pour effet de remettre la production nationale dans une dynamique de croissance. En 2050, l'agriculture tunisienne pourrait être plus productive et résiliente, plus prospère et donc mieux à même d'affronter les décennies suivantes qui seront marquées par une accélération et une aggravation des effets du changements climatiques.

Comme nous le rappelle le GIEC, « le temps presse » et l'heure des choix ne doit plus être retardée.

Le dualisme agraire, avec ses fortes disparités d'accès aux ressources naturelles, aux financements et à l'information pour les agriculteurs, qui caractérise l'agriculture tunisienne depuis des siècles doit être affronté et tranché dans l'intérêt national.

La Tunisie agraire façonnée par les agriculteurs, éleveurs et pêcheurs depuis des millénaires est une mosaïque de terres cultivées chaque année, de cultures pérennes, de parcours naturels et forestiers, de zones de pêche, d'espaces non cultivables et urbains qui forment des territoires complexes et différenciés.



LÉGENDE

-  Cultures annuelles
-  Arboriculture
-  Parcours
-  Pêche
-  Urbain
-  Non agricole

Les agriculteurs, éleveurs et pêcheurs sont les acteurs centraux de la sécurité alimentaire, et leur action est efficace à condition d'être, à la fois organisée et largement soutenue par l'ensemble de la société.

Le défi de l'adaptation de l'agriculture et la pêche au changement climatique concerne tous les citoyens.

3.2 Analyse des mesures d'adaptation en termes de sécurité alimentaire.

Il s'agit ici de reprendre l'analyse comparée des mesures au regard des quatre piliers de la sécurité alimentaire en partant des deux scénarios contrastés d'adaptation future.

- 4 Le scénario de poursuite des tendances actuelles (PTA), avec le renforcement des politiques agricoles reposant largement sur des unités de production intensives en capital en mobilisant de la main d'œuvre salariée **afin de produire prioritairement pour les marchés internationaux**, ce que l'étude EAU 2050 qualifie de « Modernisation compétitive des exploitations agricoles ».
- 5 Le scénario de trajectoire d'adaptation transformative (TAT) ouvert à des **évolutions structurelles** pour aller vers une agriculture plus résiliente, fondée sur des unités de production intensives en travail non salarié, mettant en valeur des écosystèmes naturels en conciliant le progrès technologique et la valorisation du savoir-faire local avec une orientation prioritaire vers la satisfaction des besoins alimentaires nationaux sans exclure l'accès aux marchés internationaux. Il correspond en de nombreux aspects au scénario de préservation des ressources et du bien-être social des populations rurales composantes essentielles de l'approche « Eau et développement » proposée dans le cadre de l'étude Eau 2050.

Ces scénarios ont pour cadre commun l'horizon 2050 sous RCP 8.5 (moyen terme, réaliste). Ils sont volontairement contrastés pour faire ressortir leurs caractéristiques principales en décrivant à grand traits les évolutions. Bien que les réalités locales et régionales soient plus complexes et souvent plus nuancées, le but est ici de susciter une réflexion collective, une prise de conscience, qui n'est possible que lorsqu'on sort de sa zone de confort, et qu'on accepte d'examiner de manière critique des idées longtemps considérées comme valables.

L'étape de diagnostic de cette étude nous a permis d'aboutir à une conclusion claire : les politiques agricoles et de développement rural mises en œuvre à ce jour ont profondément affaibli le monde rural et les ressources naturelles ont été considérablement dégradées. C'est un échec. L'analyse multicritères proposée dans la première partie de ce rapport, met en évidence que la prolongation de ces politiques peut être efficiente en termes productifs (notamment avec le recours aux technologies de pointe), mais sans diminuer la dépendance et l'exposition aux aléas internationaux et surtout, continuera de creuser le fossé des inégalités sociales, qui sont les principaux vecteurs de dégradation des ressources naturelles in fine d'instabilité politique et sociale.

Les scénarios proposés sont donc clairement excluant l'un de l'autre. La question du dualisme agraire ¹⁹ dans laquelle se débat l'agriculture tunisienne depuis des siècles devra être affrontée et tranchée.

3.2.1 L'accès au foncier au cœur de la sécurité alimentaire

La question de l'accès au foncier apparaît cruciale – comme dans toutes les agricultures du monde - lorsqu'on envisage cette question sous un angle économique – c'est à dire du point de vue de l'intérêt général. La richesse créée par le travail des agriculteurs (c'est à dire leur contribution au PIB national) est couramment évaluée par l'indicateur de valeur ajoutée à l'unité de surface, qui mesure la productivité de la terre et des autres facteurs naturels

¹⁹ Grande production ou petite production ? La « question agraire » aujourd'hui http://www.agter.org/bdf/docs/merlet-m_2017_options-mediterraneennes_question-agraire.pdf

associés tels que l'eau, la biodiversité, le climat. Cette mesure permet de comparer l'efficacité de différents systèmes de production.

Dans le cadre de l'étude²⁰ qui donnera naissance au PRIMEA, une enquête économique nationale a permis de calculer et comparer la valeur ajoutée par unité de surface de plus d'une centaine d'unités de production représentatives de la diversité agricole nationale. La **Error! Reference source not found.** montre la distribution de la valeur ajoutée par unité de surface (en ordonnée) selon la taille des unités de production (en abscisse).

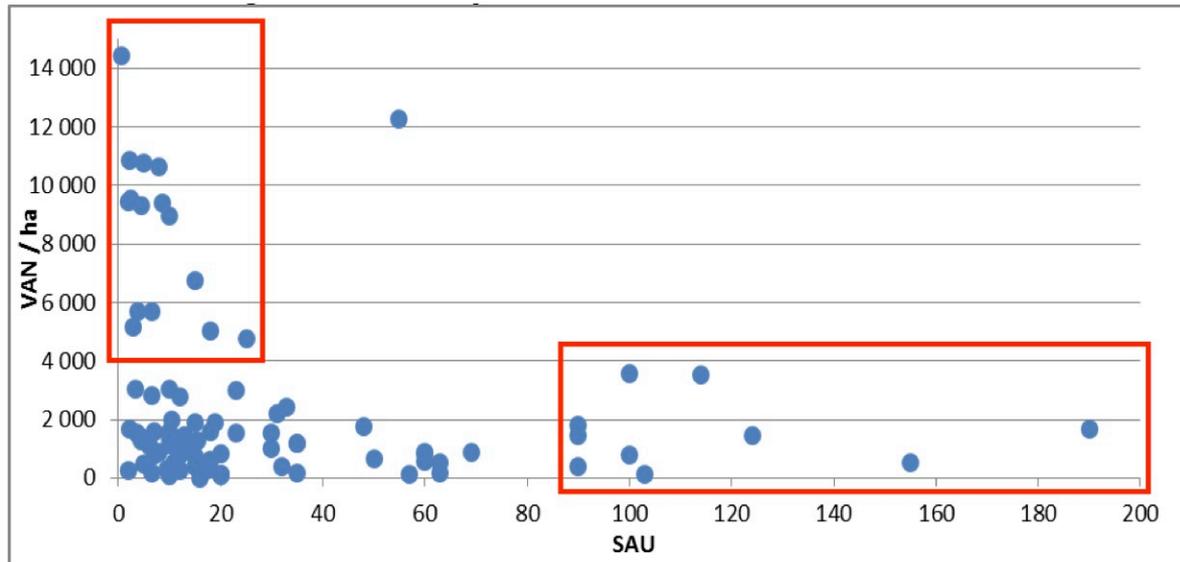


Figure 3 : Valeur ajoutée à l'hectare selon la taille de la Superficie Agricole Utile de l'unité de production

Ce graphique met en évidence le fait qu'un nombre significatif d'unités de productions de taille inférieure à 20 hectares produisent entre 3 et 7 fois plus de valeur ajoutée par hectare que les unités de production de taille comprise entre 100 et 200 hectares.

Une politique agricole à la recherche d'une plus grande efficacité dans l'usage des ressources devrait donc mettre en place une régulation foncière favorable aux petites et moyennes unités de production en élargissant notamment de manière significative, l'accès à la terre pour les jeunes agriculteurs. L'allocation des ressources foncières agricoles serait alors guidée par l'intérêt national (créer plus de richesses) et non par les intérêts privés de quelques milliers de grands propriétaires souvent rentiers.

Une telle évolution peut être simulée à grands traits (voir **Error! Reference source not found.**) sur la base de :

- La transformation de la matrice foncière d'une part, avec la diminution progressive du poids des grandes unités de production (> 100 ha) dans l'agriculture nationale et l'augmentation de celle des petites unités (< 20 Ha)
- L'amélioration de la productivité du travail, notamment grâce aux techniques et pratiques agro-écologiques.

Le

²⁰ Etude de reformulation concertée du Programme de mise à niveau des exploitations agricoles en Tunisie : Argumentaire de politique publique présentant différents scénarios de mise à niveau des exploitations agricoles, MARHP-AFD, 2015

Tableau 6, construit à partir des données réunies en 2015 dans le cadre de l'étude PRIMEA citée plus haut, illustre les effets d'une modification de la matrice foncière accompagnés d'une dynamique de production paysanne - entreprises de petite et moyenne échelle - sur le PIB agricole et l'emploi aux horizons 2030 et 2050.

Ainsi, une modification suffisamment significative de la matrice foncière, portant sur environ un tiers des surfaces, pourrait déclencher un processus aboutissant en quelques décennies à renforcer significativement la sécurité alimentaire nationale, en triplant la valeur ajoutée de la production agricole et en créant plus d'un million d'emplois permanents supplémentaires dans le secteur primaire, et ce malgré le contexte d'une contrainte climatique croissante.

Tableau 6 : Évolution de valeur ajoutée (PIB agricole) et de l'emploi à l'horizon 2050 en trajectoire transformative

Matrice d'accès au foncier agricole (millions Ha)	2013	2030	2050	Variation 2050 / 2013
Grande unité de production commerciale	1,30	1,0	0,2	-85%
Moyenne unité de production patronale	2,80	2,5	2,0	-29%
Petite unité de production familiale	1,10	1,7	3,0	173%
TOTAL (millions d'hectares terres cultivable)	5,20	5,20	5,20	
Valeur Ajouté Nette par hectare en EUR				
Grande unité de production commerciale	350	420	467	33%
Moyenne unité de production patronale	700	1120	1400	100%
Petite unité de production familiale	1000	2000	3000	200%
Valeur Ajouté Nette (PIB agricole) en millions EUROS				
Grande unité de production commerciale	455	420	93	-79%
Moyenne unité de production patronale	1 960	2 800	2 800	43%
Petite unité de production familiale	1 100	3 400	9 000	718%
Total (millions d'EUROS)	3 515	6 620	11 893	238%
Emplois permanents (en milliers)				
Grande unité de production commerciale	91	70	14	-85%
Moyenne unité de production patronale	700	625	500	-29%
Petite unité de production familiale	440	850	2100	377%
Total emplois permanents	1231	1545	2614	112%

3.2.2 Évaluation des scénarios sous l'angle de la sécurité alimentaire

Une analyse qualitative de chacune des mesures proposées sous l'angle de ses effets en termes de sécurité alimentaire pour chacun de ses quatre piliers a été ébauchée et une évaluation quantitative a été construite au moyen d'une grille de notation. La somme des scores attribués à chaque mesure selon la pondération retenue pour chaque pilier, permet de construire une note globale par pilier, puis une note finale pour l'ensemble du scénario.

La comparaison des deux scénarios montre que la « trajectoire d'adaptation transformative » obtient des scores deux fois supérieurs à ceux de la « poursuite des tendances actuelles » et ce pour chacun des piliers de la sécurité alimentaire.

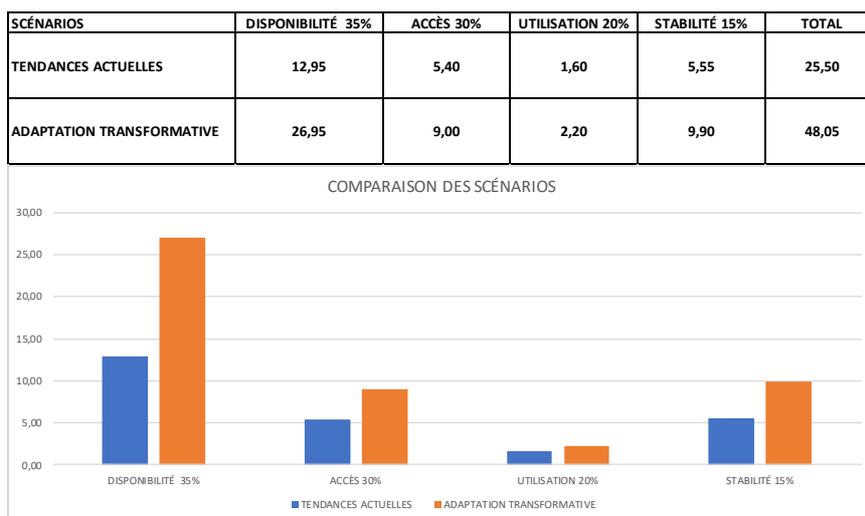


Figure 4 : Comparaison des scores des scénarios selon les quatre piliers de la sécurité alimentaire

En termes qualitatifs, la comparaison des effets de chaque scénario est présentée dans le tableau suivant.:

Tableau 7 : Synthèse des effets comparés des deux scénarios selon les piliers de la sécurité alimentaire

SCÉNARIOS	DISPONIBILITÉ	ACCÈS	UTILISATION	STABILITÉ
TENDANCES ACTUELLES	Stagnation ou recul de la production nationale + augmentation de la part des importations dans l'alimentation	Faible augmentation des revenus des ménages et croissance des inégalités	Alimentation mondialisée => diminution de la santé de la population	Plus forte exposition aux aléas climatiques et aux prix mondiaux => Instabilité sociale et politique
ADAPTATION TRANSFORMATIVE	Progression de la production nationale et réduction de la part des importations dans l'alimentation	Augmentation des revenus des ménages et réduction des inégalités	Alimentation méditerranéenne => amélioration de la santé de la population	Moindre exposition aux aléas climatiques et aux prix mondiaux => stabilité sociale et politique

3.3 Recommandations pour le futur cadre de mise en œuvre des options d'adaptation

L'objectif est de réfléchir aux conditions nécessaires pour mettre en œuvre les options d'adaptation, en partant d'une situation où ces options sont insuffisantes pour réduire la vulnérabilité future avec la « poursuite des tendances actuelles » et en aboutissant à une situation désirée mobilisant la « théorie du changement » où les options potentielles d'adaptation permettront de réduire fortement la vulnérabilité des systèmes de production au changement climatique. On s'attachera dans un premier temps à tirer des enseignements de la mise en œuvre actuelle de projets et mesures d'adaptation dans le secteur agricole et la pêche, puis seront énoncées des recommandations pour construire le cadre de mise en œuvre des options d'adaptation.

3.4 Enseignements tirés de projets d'adaptation dans le secteur agricole et la pêche.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'évaluation économique et sociale ex-post de l'ensemble des mesures d'adaptation portées par des projets de développement rural et agricole en Tunisie. Il existe en revanche des évaluations ponctuelles qui mettent en évidence des questions récurrentes.

L'analyse du géographe Hafedh Sethom²¹ pour la période des années 60 à 80 conclut que les projets de développement rural profitaient surtout aux « grands exploitants », aggravant ainsi les inégalités

²¹ SETHOM, Hafedh, « L'action des pouvoirs publics sur les paysages agraires et l'économie rurale dans la Tunisie indépendante », 1985

L'action des pouvoirs publics sur les paysages agraires et l'économie rurale dans la Tunisie indépendante

« Le Programme de développement rural s'est proposé d'injecter, surtout dans les gouvernorats les plus démunis, par l'intermédiaire des autorités du gouvernorat et à leur tête le gouverneur, en moyenne un million de dinars par an dans chaque gouvernorat de 1973 à 1983, et depuis janvier 1984 autour de deux millions de dinars par an.

Les crédits sont dépensés d'abord pour la formation professionnelle des jeunes, pour consolider ou pour créer des emplois nouveaux dans les secteurs de l'agriculture, de la pêche et de l'artisanat : le PDR prend en charge les chantiers régionaux et continue donc à occuper les chômeurs et les personnes affectées par le sous-emploi pendant une période de l'année. Il vise ensuite à améliorer les conditions d'existence des ruraux, en les aidant à construire ou à améliorer leur logement, en amenant l'électricité, l'eau potable, en construisant des dispensaires, des terrains de sport, des écoles parfois, des maisons de culture, en aménageant des pistes, des routes, etc., dans les localités qui en manquent.

En principe, la PDR est destiné à promouvoir un développement régional, mené par l'autorité régionale. En fait, si l'autorité régionale propose des actions, c'est une Commission nationale, présidée par le Premier ministre, qui choisit les actions à mener et décide de les mettre à exécution. Autrement dit, l'autorité centrale garde la haute main sur les projets à réaliser.

Comme les autorités régionales et nationales ne sont pas encore arrivées à définir des actions intégrées, les subventions et les crédits accordés par le PDR apparaissent comme des actions ponctuelles, qui ne comportent aucun suivi et ne peuvent avoir un impact social et spatial durable. La décentralisation du choix des bénéficiaires, des aides et subventions a contribué à permettre aux parents, amis et clients, des décideurs au niveau local, les Omdas et les présidents des cellules du parti, de monopoliser une bonne partie des crédits.

.../...

La Tunisie rurale, au vu du bilan que l'on vient de dresser de l'action des pouvoirs publics depuis l'Indépendance, a certes connu de profondes mutations. On a assisté à une régression de l'économie céréalière et pastorale d'autoconsommation au profit de l'économie de marché à l'échelle de tout le pays.

Mais comme toujours, l'agriculture spéculative a favorisé surtout les grands exploitants bien équipés bien plus que les petits fellahs. Les différents crédits et aides accordés à ceux-ci, par les CLCM, les SCM, le PAM, le FOSDA et le PDR, ne sont que des palliatifs pour retarder une évolution sans doute inexorable dans le cadre des structures agraires actuelles.

Car malgré toutes ces mesures, force est de constater que l'exode rural, qui est le meilleur indicateur de la crise profonde du monde rural, continue à un rythme soutenu, et touche aujourd'hui toutes les régions rurales du pays, même les plus favorisées.

Plus récemment, deux études ont tenté de faire un bilan à moyen terme (20 ans) des acquis dans deux domaines particulièrement pertinents : le programme national d'économie de l'eau PNEE²² et le programme de conservation des eaux et de sols²³. Dans leurs conclusions, les auteurs de ces évaluations, soulignent certaines faiblesses techniques, méthodologiques et de gouvernance.

²² Etude d'impact (évaluation) du programme national d'économie d'eau en irrigation, Louis Berger- SCET, 2016

²³ Rapport de diagnostic : Élaboration de la stratégie de conservation des eaux et des sols, BRLi, 2016

Le PNEE, un outil d'une politique de gestion de la demande en eau agricole plus affirmée ?

"Il est important que le PNEE puisse s'ouvrir à d'autres voies et pratiques d'accompagnement pour la conservation de l'eau qui peuvent garantir l'utilisation optimale de l'humidité du sol grâce à la mise en place de systèmes d'avertissement à l'irrigation, de choix de cultures moins exigeantes en eau, etc. L'irrigation complète assure souvent aux cultures le maximum de leurs besoins en eau en vue d'obtenir un rendement cultural maximal. Toutefois, lorsque la ressource est insuffisante pour répondre à la demande des cultures, d'autres stratégies de gestion de l'irrigation doivent être considérées (irrigation de complément, irrigation déficitaire, réallocation interne à l'exploitation, choix des cultures, etc., ...).

La finalité du suivi-évaluation du PNEE est de produire en continu les éléments nécessaires à la poursuite ou à la réorientation du programme pour une agriculture irriguée performante et diversifiée compatible avec une gestion durable des ressources naturelles. L'état tendanciel des ressources souterraines et la gestion d'une partie des infrastructures de transport et de distribution montrent d'importants signes de faiblesse, tandis que l'agriculture peut se prévaloir après 20 ans de performances remarquables au niveau des exploitations (augmentation du capital, de la productivité de l'eau et du travail).

Il serait sans doute utile que les réorientations du PNEE qui seront retenues par le MARHP soient discutées au sein d'une instance transversale chargée de la politique de l'eau et de l'agriculture. Dans un souci d'intégration des politiques sectorielles de gestion de l'eau et en lien direct avec la planification des équilibres offres-demandes à l'échelle des grandes masses d'eau (souterraines ou systèmes de grands barrage), on ne peut que constater sur les ensembles structurellement déficitaires une gouvernance inachevée au niveau des mécanismes d'allocation des ressources en eau. Les réorientations du PNEE doivent pouvoir y contribuer."

Conclusions du rapport de diagnostic de la stratégie de conservation des eaux et des sols

« Près de 1,55 millions d'hectares de terres agricoles ont été traitées en 20 ans, ce qui est considérable. Le risque d'érosion concerne néanmoins 7,5 millions d'ha et couvre 49 % du territoire, ce qui permet de mesurer l'ampleur des efforts restant à fournir. Mais il ressort de l'analyse que l'efficacité des ouvrages construits n'a pas toujours été optimale. En particulier, les deux-tiers des travaux parcellaires auraient été réalisés sur des zones qui n'étaient pas potentiellement sensibles à l'érosion.

L'efficacité des aménagements surfaciques a été limitée par la faible appropriation par les agriculteurs qui n'en ont pas assuré l'entretien, considérant que cela fait partie du rôle de l'État, menant à une dégradation rapide des ouvrages. Les stratégies ont plus ciblé l'amélioration du bilan hydrique que la protection des sols et de leur fertilité : Bien que l'impact des travaux à la parcelle sur le rendement des cultures n'ait pas fait l'objet de recherche, leur effet sur l'augmentation de la résilience des cultures aux changements climatiques est indéniable. Mais certaines faiblesses ont été observées :

- *Les lacs collinaires ne permettent une irrigation fiable que dans les zones humide et subhumide. Certains lacs collinaires construits pour l'exploitation agricole dans les zones semi-arides ont un remplissage trop aléatoire pour permettre le développement de l'irrigation ;*
- *Certaines techniques perçues comme efficaces par les agriculteurs, comme les cuvettes individuelles, ont été peu mises en œuvre ;*
- *Les banquettes améliorent le bilan hydrique pour les cultures les années sèches, mais les années pluvieuses, il peut exister un risque d'asphyxie des cultures ;*
- *Enfin, certaines techniques en zone aride de concentration des écoulements vers des surfaces limitées ont plus vocation à permettre le maintien d'une agriculture de subsistance et la fixation de populations que la réelle augmentation des rendements.*

Le développement rural intégré (et la coordination des interventions des arrondissements) reste un enjeu très fort qui dépasse largement celui de la CES. Encore partielle aujourd'hui, la coordination entre ces institutions revêt une importance croissante, et gagnera à être clarifiée et institutionnalisée dans la prochaine stratégie.

Ces exemples révèlent l'existence de défaillances systémiques dans la construction et la mise en œuvre des politiques publiques agricoles, en particulier sur deux plans : les systèmes d'information essentiels dans le suivi-évaluation des actions publiques manquent de pertinence et de qualité ; la gouvernance des ressources naturelles ne s'appuie pas suffisamment sur des « communs » construits localement à partir de capacités de gestion des acteurs privés mis en situation de responsabilité. La conséquence est que malgré les efforts importants qui sont consentis, les résultats ne sont pas au rendez-vous.

3.5 Recommandations pour le futur cadre de mise en œuvre et les axes stratégiques

Le cadre de mise en œuvre permet de préciser les conditions de réalisation des options évaluées précédemment en particulier :

- Les parties prenantes clés et la gouvernance (réglementaire et institutionnelle)
- Les possibilités de financement,
- Les barrières à lever en matière de recherche innovation
- Les mesures nécessaires de renforcement de capacités.

La formulation d'axes stratégiques d'adaptation pour le volet « Sécurité Alimentaire » du PNA regroupe les options les plus avantageuses issues de l'AMCH en grandes thématiques et objectifs stratégiques d'adaptation. Il ne s'agit pas ici d'élaborer une stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture et de la pêche mais de préparer les étapes ultérieures de l'élaboration du PNA.

Dans un souci de cohérence et d'efficacité, il serait utile d'analyser au moyen des critères de l'AMCH les mesures proposées dans :

- La Contribution Déterminée Nationale actualisée
- La prospective Eau2050
- La Stratégie Nationale pour le Développement Bas Carbone et Résilient aux Changements Climatiques (SNBC-RCC), à l'horizon de 2050

Pour alimenter cette réflexion, des ateliers de concertations ont été organisés à distance avec les cinq groupes de référence (Eau, Céréales, Oléiculture, Élevage sur parcours, Pêche) incluant des producteurs, des cadres de l'administration et des enseignants chercheurs, afin de discuter les propositions de scénarios et de mesures d'adaptation et aborder les questions de mise en œuvre. Ces groupes d'experts nationaux avaient déjà été mobilisés pour l'analyse de vulnérabilité au moyen de la méthode DELPHI durant l'étape précédente.

3.5.1 Les parties prenantes clés et la gouvernance (réglementaire et institutionnelle)

A la question « Quelle approche adopter pour mieux impliquer l'ensemble de la société tunisienne dans l'action d'adaptation de l'agriculture et de la pêche au CC ? » un consensus fort se dégage pour construire des formes de gouvernance basées sur des rôles et de responsabilités partagées dans un cadre de transparence (système d'information performant) et de redevabilité. Rendre des comptes est en effet un outil essentiel dans construction de la confiance entre les acteurs et de la légitimité de tous à participer à l'émergence de solutions.

L'agriculture et la pêche étant multisectoriels par nature, les parties prenantes clés sont l'ensemble des citoyens (hommes et femmes), les producteurs agricoles et les pêcheurs (c'est à dire ceux qui exercent ces activités comme un métier principal) et l'ensemble des fonctions publiques

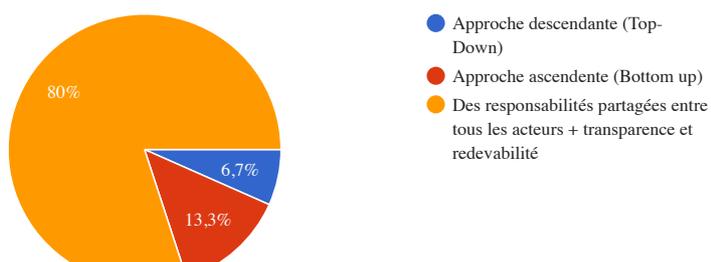


Figure 5 : Part de chaque type d'approche

qui interviennent dans le champ économique (Banque centrale, Finances, Agriculture, Commerce, Industrie, Aménagement, Plan) , dans le champ social (Santé, Éducation), dans le domaine environnemental et dans le domaine de la sécurité nationale (Justice, Armée, Police) et ce, à la fois au niveau central comme au niveau régional et communal. Le MARHP n'est en réalité qu'un acteur parmi d'autres.

3.5.2 Les possibilités de financement

Même si des sources externes (publiques et privées) avaient la capacité de financer l'ensemble des investissements nécessaires pour remettre l'agriculture tunisienne sur une trajectoire de croissance, ce processus ne pourrait pas se consolider sans une part majoritaire d'investissement national, et notamment celui réalisée sous forme de travail à la parcelle, dans la ferme. Comme les grands fleuves qui naissent de nombreuses petites rivières, les processus d'investissement sont d'autant plus efficaces lorsqu'ils s'adaptent aux particularités de chaque terrain et sont portés par les producteurs eux-mêmes. Cette dynamique endogène d'investissement est encouragée avec des revenus en hausse pour les agriculteurs - par des prix plus rémunérateurs, par la baisse des marges des intermédiaires, par une fiscalité plus solidaire, notamment. On parle régulièrement de plan Marshall pour la Tunisie, mais on oublie que son succès relatif dans l'Europe de l'après deuxième guerre mondiale, est dû dans une très large mesure à des politiques assurant une rémunération correcte du travail des agriculteurs.

3.5.3 Les barrières à lever en matière de recherche innovation

Nombreux sont les chercheurs qui se plaignent amèrement de la faible valorisation de leurs travaux par les agriculteurs. La première barrière à lever est donc celle de la méthode. Pour que la recherche soit mieux valorisée, il faut que les producteurs soient associés étroitement dans la conception de ses priorités tout autant que dans l'expérimentation. Dans de tels processus, les questions de recherche doivent être formulées par les producteurs.

3.5.4 Les mesures nécessaires de renforcement de capacités.

Au plan de la gouvernance comme de celui de la conduite du changement par l'expérimentation, les efforts de construction et renforcement de capacités doivent se multiplier. La formation des agronomes et des techniciens agricoles doit nécessairement passer par un élargissement sensible de leur champ de compétences, pour dépasser les questions techniques et inclure celles qui concernent la gestion, l'économie, les finances, le droit., la communication, les systèmes d'information, entre autres.

D'autre part, le renforcement des capacités d'organisation des producteurs doit être complété par « Le renforcement des capacités des collectivités territoriales à planifier et mettre en œuvre des politiques locales et de soutenir les plans d'adaptation des populations devrait constituer une autre priorité des politiques publiques nationales, notamment pour la gestion des ressources partagées (espaces pastoraux, forestiers, ressources hydriques, etc.). Ce renforcement peut notamment passer par la consolidation légale de leur pouvoir d'organisation de la gestion commune des ressources, des dispositifs de financement adaptés et des actions de formation et d'accompagnement appuyés sur des outils pédagogiques adaptés.²⁴ »

²⁴ « Quelles politiques publiques pour promouvoir l'adaptation des agricultures familiales aux CC », C2A, 2017

3.6 Les axes stratégiques

Le cadre posé pour la construction en parallèle d'une « stratégie nationale pour le développement bas-carbone et résilient aux changements climatiques (SNBC et RCC) à l'horizon 2050 » apparaît cohérent avec la réflexion portée dans la présente étude. Il s'agit en effet « *d'envisager les moyens nécessaires pour protéger et préserver les écosystèmes naturels et humains et permettre aux populations de vivre dans une société tunisienne juste, inclusive, sereine et sans pauvreté, dans des territoires gérés de manière durable, moins vulnérables aux chocs et aux stress climatiques, et également grâce à des solutions simples et parfois oubliées comme celle fondées sur la nature. Pour y parvenir, cette stratégie visera notamment à intégrer les considérations liées aux changements climatiques dans toutes les politiques et mesures, à mobiliser des ressources financières pour améliorer les infrastructures et services publics, à soutenir des programmes de recherche d'excellence pour développer de nouvelles technologies et améliorer les compétences et la maîtrise des connaissances des facteurs de la résilience. .../... L'instabilité politique, les limites actuelles du système de gouvernance, la volonté politique, le manque de capacités, conjugués avec une situation socio-économique fragile, représentent autant de défis et difficultés à surmonter²⁵. ».*

Le pays est d'ailleurs conscient de faire face « *...de nos jours à des menaces plus dangereuses dont la pandémie, la pauvreté et les changements climatiques...(qui) menacent de mettre en place un terrain favorable aux conflits armés, à la marginalisation, à la propagation du terrorisme, du crime organisé... »²⁶*

La trajectoire d'adaptation transformative opère sur trois axes principaux :

- **Le facteur humain**, avec un renforcement de la place des femmes et des producteurs dans la gouvernance des ressources naturelles et le rôle de la jeunesse, principale force capable de relever le défi climatique dans les campagnes tunisiennes. De la vitalité des agriculteurs, éleveurs, pêcheurs dépend largement l'efficacité de l'adaptation du système alimentaire national. Ils sont au cœur des processus d'adaptation.
- **L'organisation des producteurs** pour faire face aux marchés. C'est une condition essentielle pour leur permettre d'obtenir des revenus attractifs et cela permet une amélioration sensible de la capacité du secteur privé d'assurer ses responsabilités économiques et sociales.
- **L'accès à la terre** (et d'autres facteurs) plus démocratique et moins coûteux pour les producteurs de petite et moyenne échelle, qui sont les plus efficaces en termes de développement économique et social, puisqu'ils produisent en général une valeur ajoutée par unité de surface plus importante que les grandes exploitations agricoles.

L'influence des réseaux sociaux dans la propagation de modèles (sociaux, économiques et politiques) mérite d'être prise en compte. La transmission orale séculaire des savoir-faire

²⁵ Zmerli, Mohamed, "[Changements climatiques à l'horizon 2050 : La Tunisie peut-elle s'engager réellement sur le développement propre, durable et résilient ?](#)" La Presse de Tunisie, 2020

²⁶ Le président de la République Tunisienne devant le Conseil de l'ONU sur les [conséquences du changement climatique sur la paix dans le monde](#), le 23 février 2021.

locaux peut passer aujourd'hui par d'autres canaux et contribuer à multiplier et consolider les initiatives locales de transformation. Les diverses expériences organisationnelles, sociales et économiques sur le terrain constituent autant d'écoles, de sources d'inspiration pour encourager la mobilisation de l'intelligence collective locale. Il est donc nécessaire de repenser les fonctions d'information, de formation, d'accompagnement technique, notamment grâce aux échanges horizontaux entre agriculteurs qui sont plus que jamais possibles grâce aux technologies de l'information et du partage de connaissances.

Cela ne peut pas se faire en l'espace d'un plan quinquennal. C'est pourquoi, cette trajectoire d'adaptation transformative s'inscrit dans une perspective de trente ans (horizon 2050) et pourrait comporter deux paliers :

- Dans l'actuelle décennie, il serait souhaitable d'opérer des inflexions cohérentes en termes d'investissements dans le sens de réduire certains efforts dans les infrastructures faiblement climato-résilientes tout en augmentant significativement les efforts de formation de capacités des agriculteurs, d'appui à leurs organisations et de mobilisation citoyenne. Une modernisation rapide de la gouvernance des ressources naturelles accompagné de politiques foncières et fiscales en faveur des producteurs de petite et moyenne échelle est indispensable pour créer les signaux d'attractivité vers la jeunesse rurale, ainsi que pour les femmes.
- Les deux décennies suivantes 2030-2050, peuvent permettre de développer largement l'agroécologie et de diversifier les économies dans les territoires, ce qui aura pour effet de remettre la production nationale dans une dynamique de croissance. En 2050, l'agriculture tunisienne pourrait être plus productive et résiliente, plus prospère et donc mieux à même d'affronter les décennies suivantes qui seront marquées par une accélération et une aggravation des effets du changements climatiques.

Les principaux objectifs stratégiques qui se dégagent de cette étape préliminaire sont :

- **Soutenir l'émergence d'organisations de producteurs responsables et capables d'agir en synergie avec l'ensemble de la société, particulièrement au niveau territorial en lien avec les communes.**
- **Considérer la jeunesse rurale, hommes et femmes, comme les acteurs centraux du développement rural et agricole du futur.**
- **Mettre en œuvre une gouvernance plus efficace des ressources naturelles (sols, eau, biodiversité) en vue d'une meilleure allocation des ressources vers l'agriculture de petite et moyenne échelle, en particulier l'accès à la terre.**
- **Encourager l'ensemble des femmes rurales tunisiennes à s'impliquer dans la gouvernance des ressources naturelles.**

4. Conclusion concernant les options d'adaptation

Tous les piliers de la sécurité alimentaire de la Tunisie sont susceptibles d'être ébranlés par les impacts du changement climatique pour les scénarios RCP 4.5 et 8.5 tant à l'horizon 2050 que 2100. Ces impacts tendent à s'aggraver significativement pour les scénarios RCP8.5 et l'horizon 2100 par rapport à 2050, montrant ainsi une accélération des effets du changement climatique.

Surmonter les barrières structurelles pour renforcer la sécurité alimentaire

"L'agriculture de misère", selon l'expression d'Ali Mhiri, a deux visages : celui des agriculteurs qui disposent de trop peu de terre pour vivre de leur travail comme producteurs (80% des travailleurs agricoles) d'une part et ceux qui disposent de grandes surfaces mises en valeur par des salariés très mal payés. L'un n'existerait pas sans l'autre. Les profits de ces entrepreneurs agricoles dépendent largement de cette main d'œuvre sous-rémunérée. Ainsi la pauvreté d'un grand nombre de ruraux permet de maintenir les salaires à un niveau très bas. Depuis des siècles, la majorité des agriculteurs ont été soumis à un régime agraire fortement inégalitaire, une situation qui doit être affrontée pour avoir une opportunité de construire une agriculture plus inclusive, plus résiliente, et surtout plus productive.

Dans cette perspective, l'expérimentation et la pratique de l'agroécologie est une condition nécessaire mais pas suffisante. Bien que les questions techniques soient fort complexes - elles trouverons toujours des réponses à partir d'un « génie paysan » millénaire.

Pour avancer, les producteurs doivent impérativement construire des organisations économiques locales, leur permettant notamment de mieux affronter les marchés, mais aussi de développer une plus grande solidarité au sein des territoires et des capacités d'innovation indispensables pour faire face aux défis posés par le changement climatique. La révolution des « trente glorieuses » en France apparaît aujourd'hui bien plus politique et sociale que technique. Ce sont les coopératives laitières, viticoles, fruitières ou d'utilisation de matériel agricole en commun, et les syndicats de jeunes agriculteurs, qui ont fait cette révolution. Le

virage fondamental est pris lorsque les agriculteurs assument des responsabilités au-delà de leurs champs. Donc il ne suffit pas d'apporter de l'eau à la parcelle, et d'introduire de nouvelles technologies (solaire, numérique, hors sol) pour produire plus et mieux. Il faut avant tout développer le facteur humain et par conséquent l'organisation des producteurs.

Le fait que la Tunisie n'ait pas réussi plus largement dans ce domaine doit interroger toutes les parties prenantes sur les causes sous-jacentes de la faiblesse des organisations de producteurs aujourd'hui.

Le fait que dans certains territoires, sous certaines conditions, des organisations ont tout de même émergé et se sont peu à peu consolidées, montre que la désorganisation n'est pas une fatalité et qu'il est possible d'augmenter la capacité transformatrice des agriculteurs, de ces hommes et femmes qui produisent l'essentiel de l'alimentation des Tunisiens.

Chaque organisation ayant réussi dans un territoire est une école pour d'autres producteurs, la confirmation de l'existence d'un important gisement de savoirs et de productivité qui peut être mobilisé afin de construire la sécurité alimentaire pour les nouvelles générations.

Priorités territoriales et régionales

Si les meilleures terres agricoles se trouvent au Nord, là où il y a le plus d'apports en eau, alors cette région au plus fort potentiel agricole devra évoluer vers des systèmes de production agro écologiques beaucoup plus intensifs en travail. Et c'est pour cela que l'accès au foncier pour les producteurs de petite et moyenne échelle devra être largement amélioré dans ces régions.

Au Sud et au Centre, les producteurs devront se contenter de ce que des ressources naturelles peu abondantes mais bien gérées peuvent offrir dans un contexte écologique particulièrement difficile, c'est à dire des espaces agroforestiers et des parcours naturels de bonne qualité pour peu qu'on arrête de les surexploiter. La piste innovante de « l'oasis pluvial ²⁷ » apporte une lueur d'espoir pour les nouvelles générations, à condition que l'eau et la terre soient mieux partagés.

Puisqu' « on ne résout pas un problème avec les modes de pensée qui l'ont engendré »²⁸ il est urgent en Tunisie et dans le monde de « **Faire la paix avec la nature** »²⁹ comme l'affirme l'organisation des nations unies pour l'environnement (UNEP) dans son dernier rapport.

²⁷ Mhiri, Ali « L'agriculture tunisienne à la croisée des chemins : quelle vision pour une agriculture durable ? », 2018

²⁸ Albert Einstein

²⁹<https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34948/MPN.pdf>

« L'humanité est confrontée à des défis environnementaux dont le nombre et la gravité ne cessent de croître depuis la Conférence de Stockholm en 1972. Les évaluations scientifiques synthétisées dans ce rapport montrent que ces défis représentent désormais une urgence planétaire. Alors que s'attaquer à l'urgence est exigeant, le rapport ouvre la voie à un avenir durable marqué de nouvelles possibilités et opportunités. Les cinq messages clés :

- Les changements environnementaux sapent les gains de développement durement acquis en entraînant des coûts économiques et des millions de décès prématurés chaque année. Cela entrave les progrès vers l'élimination de la pauvreté et de la faim, la réduction des inégalités et la promotion d'une croissance économique durable, le travail pour tous et des sociétés pacifiques et inclusives
- Le bien-être des jeunes d'aujourd'hui et des générations futures dépend d'une rupture urgente et claire avec les tendances actuelles de déclin environnemental. La décennie à venir est cruciale. La société doit réduire ses émissions de dioxyde de carbone de 45 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 2010 et atteindre zéro émission nette d'ici 2050 pour atteindre l'objectif de 1,5°C de l'Accord de Paris, tout en préservant et en restaurant la biodiversité et en minimisant la pollution et les déchets.
- Les urgences environnementales de la Terre et le bien-être humain doivent être traités ensemble pour parvenir à la durabilité. L'élaboration d'objectifs, de cibles, d'engagements et de mécanismes au titre des principales conventions environnementales et leur mise en œuvre doivent être alignés pour devenir plus synergiques et efficaces.
- Les systèmes économiques, financiers et productifs peuvent et doivent être transformés pour diriger et alimenter le passage à la durabilité. La société doit inclure le capital naturel dans la prise de décision, éliminer les subventions nuisibles à l'environnement et investir dans la transition vers un avenir durable.
- Chacun a un rôle à jouer pour garantir que les connaissances humaines, l'ingéniosité, la technologie et la coopération soient redéployées de la transformation de la nature à la transformation de la relation de l'humanité avec la nature. La gouvernance polycentrique est essentielle pour donner aux gens les moyens de s'exprimer et d'agir de manière responsable sur le plan environnemental sans sacrifice injustifié ni sacrifice personnel. »