



PROJET MENA-DELP
PARTAGE DES CONNAISSANCES ET DE COORDINATION SUR LES ECOSYSTEMES DESERTIQUES ET LES MOYENS
DE SUBSISTANCE

AU PROFIT DE : L'ALGERIE, L'EGYPTE, LA JORDANIE, LE MAROC ET LA TUNISIE

RELEVER LES DEFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A TRAVERS L'ADAPTATION ET L'ATTENUATION :

APPROCHES POUR UNE GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES
FORESTIERS DANS LES ZONES DESERTIQUES DE LA REGION MENA



Novembre 2015

Elaboré avec l'appui du programme PROFOR

Résumé :

Malgré la situation alarmante, tous les indicateurs montrent que la majeure partie des écosystèmes pastoraux de la région MENA n'ont pas encore atteint le seuil d'irréversibilité et du non-retour et que ceux-ci sont doués d'une forte capacité de résilience. L'analyse synthétique des approches de la vulnérabilité au changement climatique montre qu'en dépit de la sévérité des conditions climatiques, ces écosystèmes restent caractérisés par des capacités adaptatives et productives très élevées si cette sévérité est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace,....

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES FIGURES.....	7
ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	9
RESUME	13
ABSTRACT	18
INTRODUCTION GENERALE.....	23
COMPOSANTE A : ANALYSE DE LA VULNERABILITE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS EN ZONES ARIDES ET DESERTIQUES FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	26
1. INTRODUCTION.....	26
2. LES ZONES ARIDES : AMPLEUR DE LEUR ETENDUE DANS LE MONDE ET AU NIVEAU DES PAYS DE LA REGION MENA	27
2.1. Données relatives à la délimitation des zones arides dans le monde.....	28
2.2. Répartition des écosystèmes arides au niveau de la région MENA.....	28
3. VULNERABILITE DES ECOSYSTEMES ARIDES DES PAYS DU MENA FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	30
3.1. Cas de l'Algérie.....	30
3.2. Cas de l'Egypte.....	32
3.3. Cas de la Jordanie.....	32
3.4. Cas du Maroc.....	34
3.5. Cas de la Tunisie.....	35
3.6. Risques liés au changement climatique (scénarii existants).....	37
4. LES ECOSYSTEMES FORESTIERS DES ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES DE LA REGION MENA : PRINCIPAUX FACTEURS DETERMINANT LEURS POTENTIALITES PRODUCTIVES ET ADAPTATIVES	37
5. IDENTIFICATION ET DEFINITION DES SERVICES FOURNIS PAR LES ECOSYSTEMES DES ZONES ARIDES ET DESERTIQUES	39
5.1. Introduction.....	39
5.2. Facteurs influençant les biens et services d'un écosystème	40
5.3. Biens et services fournis par les écosystèmes arides	40
6. ANALYSE DE LA RESILIENCE, RESISTANCE, CAPACITE D'ADAPTATION ET DES POINTS DE BASCULEMENT OU SEUIL ECOLOGIQUE DES ECOSYSTEMES FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	43
6.1. Le climat et les effets de ses variations sur les plantes et les formations végétales.....	43
6.2. Les Facteurs anthropozoïques de vulnérabilité des écosystèmes forestiers désertiques ; Principales causes et conséquences de la dégradation du couvert végétal naturel	43
7. APPROCHES D'ANALYSE DE LA VULNERABILITE AU CC DES ECOSYSTEMES FORESTIERS DES ZONES ARIDES DE LA REGION MENA	45
7.1. Introduction.....	45
7.2. Méthodes et outils d'évaluation de la vulnérabilité	46
7.3. Avantages et inconvénients des différentes approches : limites et incertitudes.....	47
7.4. Méthode adéquate d'analyse de la vulnérabilité des écosystèmes aride vis-à vis du CC.....	48
7.5. Conditions d'application de la méthode adéquate d'analyse de la vulnérabilité / Pré-requis	49
7.6. Conclusion	50
8. PRATIQUES DURABLES FAVORISANT LA SEQUESTRATION DU CARBONNE : LEVIERS PERMETTANT D'AUGMENTER LA RESILIENCE DES ECOSYSTEMES FACE AU CC	51
8.1. Introduction.....	51

8.2. Atouts et particularités des écosystèmes des zones arides et désertiques dans la séquestration du carbone	52
8.3. Pratiques durables favorisant la séquestration du carbone au niveau des écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques	53
8.4. La gestion des systèmes pastoraux	56
8.5. Approche multifonctionnelle, globale et intégrée	57
8.6. Autres propositions.....	58
8.7. Synthèse sur les approches de développement des parcours arides dans la région MENA.....	59
9- CONCLUSION/RESUME.....	60
COMPOSANTE B. ANALYSE DE LA VULNERABILITE DES MOYENS DE SUBSISTANCE (LIVELIHOODS) DES POPULATIONS EN ZONES ARIDES ET DESERTIQUES DE LA REGION MENA	63
1. INTRODUCTION, OBJECTIFS ET APPROCHE METHODOLOGIQUE	63
2. COLLECTE ET COMPARAISON DE DIFFERENTES APPROCHES POUR ANALYSER LA VULNERABILITE DES MOYENS DE SUBSISTANCE DES POPULATIONS (LIVELIHOODS)	64
2.1., Approche "Sustainable Livelihoods Framework" SLA	64
2.2. Autres approches disponibles d'analyse de vulnérabilité	67
3. DESCRIPTION ET DEFINITION DES MOYENS DE SUBSISTANCE DEPENDANT DES RESSOURCES NATURELLES DES ECOSYSTEMES ET DES SOURCES DE REVENUS	72
3.1. Application de l'approche SLA en Jordanie	72
3.2. Application de l'approche SLA au Maroc.....	75
3.3. Application de l'approche SLA en Egypte.....	77
3.4. Application de l'approche SLA en Tunisie	79
3.5. Cas de l'Algérie	84
4. CLASSIFICATION DES DIFFERENTS MOYENS DE SUBSISTANCE (LIVELIHOODS) EN FONCTION DES SOURCES DE REVENUS	84
5. ANALYSE DE LA VULNERABILITE DES MOYENS D'EXISTENCE DES POPULATIONS FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	86
5.1. introduction.....	87
5.2. Analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations au CC dans la région MENA : études de cas	88
6. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES MOYENS D'EXISTENCE AU CC DANS LA REGION MENA : ESSAI DE SYNTHESE REGIONALE	94
7. IDENTIFICATION DES MESURES VISANT A RENFORCER LA CAPACITE D'ADAPTATION DES POPULATIONS DES ZONES ARIDES ET DESERTIQUES	98
8. CONCLUSION.....	103
COMPOSANTE C: IDENTIFICATION DES MESURES D'ATTENUATION ET ESTIMATION DU POTENTIEL DE SEQUESTRATION DE CARBONE	105
1. INTRODUCTION.....	105
2. ASPECTS BIOPHYSIQUES DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES A ARIDES	105
2.1. Longueur des racines.....	106
2.2. Plantes halophiles.....	106
2.3. Surpâturage.....	106
2.4. Reboisement.....	107
3. SEQUESTRATION DU CARBONE DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES A ARIDE	107
3.1. Contribution de la foresterie et des changements d'affectation des sols dans les émissions de GES...107	
3.2. Potentiel de fixation du carbone par les parcours et les prairies.....	108

3.3. Quels sont les ordres de grandeurs	108
4. METHODOLOGIE DU GIEC POUR L'ESTIMATION DU CARBONE SEQUESTRE	110
4.1. Modules de base.....	110
4.2. Changement d'affectation des terres et foresterie (CATF)	110
4.3. Conversion d'affectation des terres.....	111
5. CARACTERISTIQUES DES INVENTAIRES DES EMISSIONS DE GES DES CINQ PAYS.....	111
5.1. Algérie.....	111
5.2. Egypte.....	112
5.3. Jordanie	113
5.4. Maroc.....	114
5.5. Tunisie.....	114
5.6. Synthèse.....	115
6. APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR L'EVALUATION DU POTENTIEL DE SC.....	117
6.1. EX-ACT en quelques lignes.....	117
6.2. Quelles régions choisir.....	117
6.3. Quels écosystèmes considérer.....	118
6.4. Quelles pratiques considérer.....	118
6.5. Les différentes étapes	118
7. CONTRIBUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIERS A L'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES EN ALGERIE ..119	
7.1. Orientations et stratégies de références.....	119
7.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions de GES dans le secteur des CATF.....	121
7.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone	122
8. CONTRIBUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIERS A L'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES EN EGYPTE..123	
8.1. Orientations et stratégies de références.....	123
8.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF.....	123
8.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone	124
9. CONTRIBUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIERS A L'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES EN JORDANIE	124
9.1. Politiques, stratégies et engagements en relation avec les ressources naturelles.....	124
9.2. Programme d'atténuation des émissions de GES.....	126
9.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone	126
10. CONTRIBUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIERS A L'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES EN MAROC 127	
10.1. Orientations et stratégies de références.....	128
10.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF.....	129
10.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone	130
11. CONTRIBUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIER A L'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES EN TUNISIE..132	
11.1. Orientations et stratégies de références.....	132
11.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF	133
11.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone	135
11. ELEMENTS POUR UNE APPROCHE REGIONALE.....	136
11.1. Des similarités écologiques.....	136
11.2. Un potentiel à valoriser.....	137
11.3. Une approche régionale intégrant les spécificités nationales.....	137
11.4. L'absorption du carbone est un co-bénéfice	138
11.5. Valoriser la synergie entre les fonctions fondamentales et la séquestration du carbone.....	138
11.6. Mise en place d'un système MRV (Mesure, Reporting, Vérification).....	139
12. CONCLUSION.....	139
COMPOSANTE D: PROPOSITION D'APPROCHES DE RENFORCEMENT DES CAPACITES D'ADAPTATION DES ECOSYSTEMES ET DES POPULATIONS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	

.....	141
1. PRINCIPAUX ACQUIS.....	141
1.1. <i>Dans le domaine des écosystèmes.....</i>	<i>141</i>
1.2. <i>Dans le domaine de l'approche d'analyse des moyens d'existence des populations</i>	<i>143</i>
1.3. <i>Dans le domaine de la séquestration de carbone.....</i>	<i>144</i>
2. PROPOSITIONS ET ORIENTATIONS FAVORISANT L'ADAPTATION DES ECOSYSTEMES ARIDES DE LA REGION MENA ET DES POPULATIONS FACE AU CC.....	146
2.1. <i>Mesures à prendre pour la réduction de la vulnérabilité des écosystèmes</i>	<i>146</i>
2.2. <i>Mesures à prendre pour la réduction de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations.....</i>	<i>148</i>
2.3. <i>Mesures à prendre pour améliorer le potentiel de séquestration de carbone.....</i>	<i>150</i>
2.4. <i>Mesures à prendre pour le renforcement des capacités institutionnelles et organisationnelles.....</i>	<i>152</i>
CONCLUSION GENERALE	155
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	159
ANNEXES.....	168

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Zonage bioclimatique basé sur le ratio P/PET (UNEP, 1992)	28
Tableau 2. Taille et distribution des zones arides au niveau du MENA ((10 ³ Km ²) (Houérou, 1992a)...	28
Tableau 3. Superficies des terres à pâturages de la région MENA (1000 ha)	29
Tableau 5. Capitaux du livelihood de la population de la région of Ras Sudr (Sinai, Egypte)	88
Tableau 5. Facteurs du GIEC contribuant à la vulnérabilité: les principales composantes	90
Tableau 6. Chiffrage des principales composantes et de l'indice GIEC-VI (LVI-IPCC) par milieu	91
Tableau 7. Composantes, facteurs et indicateurs considérés pour estimer l'indice LVI-IPCC à l'échelle régionale.....	95
Tableau 8. Indice de vulnérabilité par composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA	97
Tableau 9. Principales mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation et à réduire la sensibilité des populations des zones arides et désertiques.....	99
Tableau 10: Gestion et/ou utilisation des terres et le potentiel de séquestration du carbone dans les zones arides (d'après Lal et al., 1998).	109
Tableau 11: Conversions d'affectation selon la méthodologie du GIEC	111
Tableau 12: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2 ^{ème} communication nationale de l'Algérie au titre de la CCNUCC, 2010)	112
Tableau 13: Bilan des émissions totales nettes de GES (émissions) par les différentes sources (2 ^{ème} communication nationale de l'Egypte au titre de la CCNUCC, 2010).....	112
Tableau 14: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (3 ^{ème} communication nationale de la Jordanie au titre de la CCNUCC, 2014)	113
Tableau 15: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2 ^{ème} communication nationale du Maroc au titre de la CCNUCC, 2010)	114
Tableau 16: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2 ^{ème} communication nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC, 2013)	115
Tableau 17: Bilan des émissions totales de GES (émission nette -absorption) en GgEq, CO ₂	115
Tableau 18: Occupation des sols en Algérie (Nedjraoui, 2012)	121
Tableau 19 : Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de l'Algérie par activités et activité	122
Tableau 20 : Evaluation du potentiel de séquestration du carbone de programme de l'Egypte par l'outil EX-ACT	124
Tableau 21: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Jordanie par activité et activité.....	127
Tableau 22: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Maroc par activité.....	131
Tableau 23: Récapitulatif des mesures d'absorption et de réduction des GES découlant des options d'atténuation dans le secteur du CATF, à l'horizon 2020	133
Tableau 24: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Tunisie par activité et activité.....	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Pays concernés par l'étude des moyens de subsistance (Livelihoods) des populations en zones arides et désertiques de la région MENA	24
Figure 2. Agencement des composantes de l'étude de vulnérabilité des écosystèmes au CC (MENA-DELP)	25
Figure 3. Carte schématique des formations végétales climax des continents	29
Figure 4. Etages bioclimatiques de l'Algérie.....	30
Figure 5. Carte des précipitations de l'Egypte	32
Figure 6. Carte des précipitations moyenne en Jordanie	33
Figure 7. Carte de végétation de la Jordanie.....	33
Figure 8. Répartition géographique des principales essences forestières au Maroc.....	34
Figure 9. Etages bioclimatiques et régions naturelles les plus représentées en Tunisie méridionale (zones arides et désertiques)	35
Figure 10. Échelles d'action du changement climatique par rapport à l'ensemble des changements globaux.	48
Figure 11. Sustainable livelihoods framework (DFID).....	64
Figure 12. Les cinq capitaux de l'approche SLA	65
Figure 13. Approche LADA/FAO d'analyse des moyens d'existence	68
Figure 14. Principales étapes de l'approche du GIEC pour évaluer les impacts du CC.....	69
Figure 15. Représentation schématique des facteurs humains, de l'évolution du climat, des effets sur le changement climatique et des réponses apportées	69
Figure 16. Méthodologie du PNUE pour l'évaluation de la vulnérabilité.....	70
Figure 17. Schéma général de la vulnérabilité d'un système donné au changement climatique	71
Figure 18. Etapes de l'approche d'analyse de vulnérabilité au CC (CI:grasp/Tun)	71
Figure 19. Carte de localisation des 7 villages étudiés en Jordanie.....	73
Figure 20. Principaux capitaux et moyens d'existence durable dans la région d'Ouarzazate et environs (Maroc)	77
Figure 21. Carte de localisation des trois sites étudiés en Egypte	78
Figure 22. Répartition de l'échantillon entre les différents niveaux de la pauvreté (%).....	78
Figure 23. Radars des actifs dans les trois régions (Egypt)	79
Figure 24. Carte de localisation des études de cas en Tunisie	80
Figure 25. Pentagones des capitaux selon la typologie des ménages (degrés de richesse) dans le gouvernorat de Kasserine (Tunisie)	80
Figure 26. Les capitaux et moyens d'existence dans la région de Médenine	82
Figure 27. Pentagones des capitaux et leur évolution pendant la décennie 2000-2010 zone dans la région de Médenine	83
Figure 28. Tendances d'évolution des capitaux dans la région de Médenine (Tunisie)	84
Figure 29. Structure du revenu des ménages dans la région de Kasserine (Tunisie)	86
Figure 30. Radar de Vulnérabilité des cinq capitaux dans la région de Ras Sudr (Snai, Egypte)	90
Figure 31. Triangle de vulnérabilité des moyens de subsistance par type de milieu dans la région de Ras Sudr (Egypte)	92
Figure 32. Impact du CC sur la production des principaux biens et services du système pastoral (%).93	
Figure 33. Impact du CC sur la VET par type de services (Avec Actualisation)	93

Figure 34. Impact du CC sur la VET par service (Avec Actualisation)	94
Figure 35. Indice de vulnérabilité par sous composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA.....	96
Figure 36. Indice de vulnérabilité par composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA.....	97
Figure 37. LVI-IPCC estimé dans les écosystèmes arides et désertiques par pays et dans la région MENA	98
Figure 38: Emissions de GES au niveau mondial (5 ^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2014)	107
Figure 39. Emissions et absorptions de GES par secteurs pour les cinq pays de la région MENA.....	116
Figure 40: Répartition d'effort d'atténuation sur la période 2020-2030 par secteur selon l'objectif conditionnel	128
Figure 41: Les Zones Oasiennes et de l'Arganier au Maroc	129
Figure 42. Distribution des régions sèches dans la région MENA	137
Figure 20. Taux de pauvreté par gouvernorat en Jordanie (% de la population pauvre, 2006)).....	191
Figure 48: Description de l'évolution des scénarios d'EX-ACT.	204

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

ACB	Analyse Coûts-bénéfices
ACCA	Adaptation au Changement Climatique
ADS	Agence de Développement Social
AF	Analyse Financière
AFD	Agence Française de développement
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Uses
AMED	Approche des Moyens d'Existence Durables
API	Agence de Promotion de l'Industrie
APIA	Agence de Promotion des Investissements Agricoles
BAD	Banque Africaine de Développement
BAU	Business As Usual
BM	Banque Mondiale
C	carbone
CATF	Changement d'affectation des terres et foresterie
CC	Changement Climatique
CES	Conservation des Eaux et du Sol
CH ₄	méthane
CIHEAM	Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes
CO ₂	Dioxyde de carbone
CPDN	Contribution Prévue Déterminée au niveau National
CRDA	Commissariat régional de développement agricole
DELIO	Programme de Développement Intégré de l'Oriental
DELP	Projet Partage des connaissances et de coordination sur les écosystèmes désertiques et les moyens de subsistance au profit de l'Algérie, l'Egypte, la Jordanie, le Maroc et la Tunisie
DFID	Department For International Development
AFE	Adaptation fondée sur les Ecosystèmes
DGPA	Direction Générale de la Production Agricole
DJ	Dinar Jordanien
Drh	Dirham
DSA	Direction des services agricoles
DSS	Direction de la Stratégie et des Statistiques (Maroc)
DT	Dinar Tunisien
DUE	Délégation de l'Union Européenne en Tunisie

Eq	équivalent
ES	Ecosystems Services
EX-ACT	EX-Ante Carbon-balanceTool
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FENAPROD	Fédération Nationale des Producteurs de Dattes
FFOM (SWOT)	Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces
FIDA	Fonds International de Développement Agricole
FNDA	Fonds National de Développement de l'Investissement Agricole
GDA	Groupements de Développement Agricole
GDO	Groupements de Développement des Oasis
GEF	Fond pour l'Environnement Mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernementaux pour l'étude du climat
GIZ	Deutsche Gesellschaft Für technische Zusammenarbeit
ha	hectare
HSU	Unité de la sécurité humaine
ICARDA	Centre International de Recherches agricoles dans les Régions Arides
INPV	Institut National de la Protection des Végétaux-Algérie Institut National
INRA	Institut National de Recherche Agronomique Algérie
IRA	Institut des Régions Arides
IRD	Institut de recherche et de développement
IFI	Institutions Financières Internationales
ITDAS	Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne
JVA	Jordan Valley Authority
Km	Kilomètre
LADA	Land Degradation Assessment in Drylands
LCD	Lutte Contre la Désertification
LVI	Livelihood Vulnerability Index
m	Mètre
m ³	Mètre cube
MDT	Million Dinars Tunisiens
MENA	Middle East & North Africa (Pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord)
MENA-DELP	Projet de coordination et de partage des connaissances sur Les moyens de subsistance et
MWI	Ministry of Water and Irrigation

NAF	Fonds national d'aide
NCARE	Centre national de la recherche et de vulgarisation agricoles
ODS	Office de Développement du Sud
OIT	Organisation Internationale du Travail
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
OPA	Organisations professionnelles agricoles
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
P/EP	l'évapotranspiration Potentielle
PGRN	Projet de Gestion des Ressources Naturelles
PNDA	Plan National de Développement Agricole
PNR	Plan national de reboisement
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PRAR	Politique du Renouveau Agricole et Rural
PRCC	Programme de renforcement des capacités commerciales
PU	Prix Unitaire
PVD	Pays en Voie de Développement
REDD	Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les
SC	séquestration du carbone
SLA	Sustainable Livelihood Approache
SMSA	Sociétés Mutuelles des Services Agricoles
SNCC	Stratégie Nationale de CC
SNDD	Stratégie Nationale de Développement Durable
SOM	matière organique du sol
TDRs	Termes de Références
TEEB	Economics of Ecosystems and Biodiversity
UE	Union Européenne
UGPMI	Unité de Gestion du Programme de Modernisation Industrielle
UICN	Union Internationale de la Conservation de la Nature
UNCCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
UNCCD	Sigle anglais de : Conférence des Nations Unies pour la Lutte Contre la Désertification
USA	Etats Unis d'Amérique
UTAP	Union Tunisienne pour l'Agriculture et la Pêche
UTICA	Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat

VET	Valeur Economique Totale
WAJ	Water Authority of Jordan
WANA	West Asia & North Africa
WLI	Water Livelihood Initiative

RÉSUMÉ

Les impératifs de développement et les exigences de lutte contre le changement climatique (CC) sont plus que jamais liés. Le CC, qui constitue une contrainte supplémentaire à la réalisation des objectifs de l'ONU de développement durable (ODD), est indéniablement le principal défi du 21^{ème} siècle. L'accord de Paris, adopté au cours de la 21^{ème} Conférence des Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), constitue la première base d'une entente globale qui permettra à l'humanité de faire face au CC et d'atténuer ses impacts dangereux et irréversibles. Cet accord demande aux pays Parties de prendre des mesures pour conserver et, le cas échéant, renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre notamment les forêts.

La région MENA dispose d'une multitude d'écosystèmes forestiers spécifiques aux régions arides dont elle pourrait valoriser le potentiel en terme de séquestration du carbone. De leur côté, les Institutions Financières Internationales (IFIs) s'engagent, de plus en plus, à systématiquement considérer l'impact carbone des projets et des programmes qu'elles financent durant le processus d'évaluation de leur décision d'investissement.

En se référant au 5^{ème} rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC, WGI : the Physical science basis, 2013], les projections attendues du CC, au niveau global et à l'horizon 2100, seraient :

- une augmentation de la température moyenne annuelle à la surface de la Terre, variant entre 1 et 4,2 °C selon les scénarios. Le plus préoccupant c'est que ce rythme de réchauffement serait le plus élevé depuis 10 000 ans;
- une élévation du niveau moyen des océans et des mers suite au réchauffement des eaux et à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, variant entre 20 et 70 cm ;
- une augmentation globale des précipitations accompagnée d'une disparité régionale importante

Au niveau de la région du MENA, les projections de CC montrent que celle-ci serait parmi les régions du monde qui accuserait l'augmentation de la température la plus importante. Cette augmentation serait accompagnée d'une fréquence plus accrue de vagues de chaleur. Le CC attendu ira en s'accroissant des régions côtières vers les régions continentales. De ce fait, la région MENA est considérée comme l'une des régions les plus exposées au CC, elle est qualifiée de « point chaud » climatique.

L'agriculture et le développement rural dans la région qui font face déjà à de sérieux défis, risquent d'être entravés davantage par le dérèglement du climat puisque d'après Pluriagri (2015), la production agricole pourrait diminuer de 40% sous les effets du CC d'ici 2080. Les zones touchées par la sécheresse au niveau de cette région vont devenir plus largement distribuées, ce qui se traduirait par un risque accru de pénurie d'eau et de nourriture et, par conséquent, de la malnutrition.

Les écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA, constitués principalement par des parcours steppiques, qui couvrent plus de 80% de la superficie de la région, connaissent de profondes transformations sous les effets combinés :

- de l'emprise humaine, qui s'y exerce depuis longtemps ;

- et des changements climatiques dont les effets commencent à se faire sentir au cours des dernières décennies.

Ces écosystèmes ne peuvent souvent plus assurer les services indispensables au développement socio-économique de ces zones et notamment des populations fortement dépendantes de leurs ressources naturelles.

C'est dans ce contexte que le Programme MENA-DELP a engagé cette étude qui vise à identifier les approches de gestion favorisant la résilience des écosystèmes arides de la région MENA et la capacité d'adaptation des populations face aux risques encourus par le CC et contribuant à renforcer le potentiel de séquestration du carbone.

L'analyse synthétique des approches de la vulnérabilité au CC des écosystèmes arides montre qu'en dépit de la sévérité des conditions climatiques, ces écosystèmes restent caractérisés par des capacités adaptatives et productives assez élevées si cette sévérité est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace.

Au niveau de ces écosystèmes, la capacité de résilience est assurée à la fois par les particularités des régulations morphologiques et physiologiques et des affinités écologiques des plantes qui les constituent et par la diversité des conditions méso et micro-écologiques (topographie, nature du sol ...) des milieux qu'ils occupent.

La connaissance de la proportion des types biogéographiques à affinité écologique « humides » comme ceux des espèces méditerranéennes ou européennes et des types à affinité écologique « chaude » comme les espèces saharo-sindiennes et paléotropicales est d'une grande importance pour comprendre l'évolution de la végétation et pour prédire ses potentialités productives et adaptatives face au CC. L'évolution des proportions de plantes arido-actives et arido-passives dans les peuplements végétaux des zones sèches ainsi que des proportions des plantes annuelles et pérennes pourrait renseigner sur la vulnérabilité et/ou la capacité de résilience des écosystèmes face à l'aridité et par conséquent au changement climatique. La régression des arido-actives ainsi que la thérophytisation pourraient traduire une tendance à l'aridification.

Dans des situations particulières, certaines espèces dites envahissantes, favorisées par le nouveau climat plus chaud et plus sec, vont, au contraire, connaître une extension de leurs aires de répartition et conquérir ainsi certains milieux. Il s'agit d'espèces faiblement appréciées, moins prisées par l'homme et de larges niches écologiques qui seront avantagées en raison de la réduction de la concurrence pour l'eau et les nutriments. Parmi ces espèces, certaines présentent plusieurs intérêts (aromatiques, médicinales, cosmétiques...) qu'il conviendrait de faire valoir.

Une augmentation de l'aridité ne se traduit pas donc nécessairement par une diminution de la productivité par unité d'eau disponible si cette augmentation est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace. De même une telle augmentation ne se traduirait pas forcément par une détérioration des services écosystémiques si on y intègre les intérêts et les usages multiples de la phytomasse (qu'elle soit palatable ou non) produite par ces écosystèmes.

Parmi les méthodes et les outils permettant la modélisation de la distribution géographique future des végétaux et de prédire ainsi la vulnérabilité des écosystèmes forestiers des zones arides au CC, celle qui se base sur le concept de niche écologique. Cette méthode mettant en relation la présence de l'espèce avec les paramètres environnementaux comme celle d'entropie maximale (MaxEnt),

présente plusieurs avantages et s'avère assez performante. Quelque soit l'efficacité de l'approche adoptée, il reste difficile d'anticiper avec certitude sur la composition et le fonctionnement des futurs écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques. Il est cependant certain qu'à long terme ces écosystèmes connaîtront une recomposition, avec des espèces plus généralistes, ce qui va accentuer le processus de simplification et induire un appauvrissement de la diversité biologique.

Pour faire face aux effets néfastes du CC sur les écosystèmes forestiers des zones arides, plusieurs techniques de restauration/réhabilitation et de gestion, favorisant la résilience de ces écosystèmes et leur capacité de séquestration de carbone (SC) peuvent être préconisées. Il s'agit de l'ensemble des bonnes pratiques de restauration /réhabilitation des parcours associées aux travaux de CES, à la valorisation des eaux non conventionnelles et aux pratiques de gestion rationnelles et au choix des espèces aux usages multiples les plus résistantes avec une localisation optimale dans l'espace (prenant en considération les potentialités édaphiques des milieux d'intervention) et dans le temps (en vue de saisir les événements météorologiques favorables).

La mise en avant de la réaffectation de certains écosystèmes est une autre alternative prometteuse pour faire face aux effets néfastes du CC, vu les intérêts économiques et environnementaux qu'elle présente. Une telle démarche permettrait, en effet, l'extension de plantes plus résistantes avec un grand potentiel de séquestration de carbone et pouvant être valorisées à plusieurs fins, autres que pastorales (aromatique, médicinales,...). Les milieux très aridifiés peuvent être consacrés à l'élevage d'espèces animales plus rustiques comme le dromadaire ou carrément convertis en grands parcs pour des espèces de la faune sauvage (antilopes, autruches, outarde ...) qui sont mieux adaptées à de telles conditions que les animaux domestiques.

L'ensemble des bonnes pratiques de restauration/réhabilitation et de gestion durable, constituent des alternatives prometteuses non seulement pour l'amélioration des moyens de subsistance de la population basés sur l'élevage mais aussi pour la restauration de puits de carbone du sol et pour faire valoir la plurifonctionnalité de ces écosystèmes. En effet, le GIEC (2000) estime que l'amélioration de la gestion des terres de parcours pourrait séquestrer plus de carbone que toutes les autres pratiques. Les écosystèmes steppiques et arides qui constituent le biome naturel et dominant de la région MENA sont susceptibles de contribuer de manière non négligeable à la SC. Ceci est d'autant plus vrai que ces potentialités, qui sont complètement occultées, sont actuellement très peu utilisées et encore loin de la saturation en terme de SC.

Une première évaluation exploratoire du potentiel de séquestration du carbone par des pratiques de gestion durable des écosystèmes forestiers des pays MENA, en utilisant le logiciel EX-ACT développé par la FAO, a, en effet, permis de mettre en exergue les résultats suivants:

- Algérie: le potentiel de séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers, serait de l'ordre de 16 millions de tonne de CO₂ équivalent (Mt CO₂-eq)/an). Le reboisement et l'extension du couvert forestier sur 1 245 000 ha (inclus dans les INDCs de l'Algérie) contribuerait à lui seul, à raison de 11 Mt CO₂-eq /an.
- Egypte: la restauration et la régénération de 700 000 ha de parcours sur 5 ans, permettrait de séquestrer une quantité de Carbone de l'ordre 1 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel n'est pas très significatif, des investigations supplémentaires sont nécessaires.
- Jordanie : un programme d'atténuation des émissions de GES relatif à la mise en défens et la régénération des parcours de la Badhia, présenterait un potentiel de séquestration moyen

annuel de 1,6 Mt CO₂-eq. Ce programme serait en mesure de contribuer à hauteur de 37% aux engagements pris par la Jordanie au titre de ses INDCs.

- Maroc: Le potentiel de séquestration du carbone, qui inclue notamment la conversion des terres marginales en forêts d'Arganiers, permettrait de séquestrer une quantité nette de Carbone de l'ordre de 4,9 Mt CO₂-eq. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 13,4 % aux engagements pris par le Maroc au titre de ses INDCs.
- Tunisie: Le potentiel de séquestration du carbone qui inclue notamment le boisement de l'Olivier en extensif, permettrait la séquestration de 1,88 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 14,6 % aux engagements de la Tunisie au titre de ses INDCs.

Ces calculs prospectifs montrent que le potentiel de séquestration du carbone, à travers une meilleure gestion des écosystèmes forestiers de la région MENA, pourrait se situer aux environs de 15 % des engagements des pays au titre de leurs INDCs alors qu'actuellement il ne représente que quelques pourcents.

Par ailleurs, l'analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence (Livelihood) des populations en zones arides et désertiques dans les pays MENA, ont montré que cette approche permet d'appréhender la vulnérabilité des moyens d'existence au CC si elle est appliquée selon une approche globale centrée sur les ménages ruraux et leurs réalités socio-économiques. En effet, l'estimation de l'indice synthétique de vulnérabilité du Livelihood du GIEC (LVI-IPCC) révèle une diversité de situations et un différentiel de vulnérabilité entre les pays de la région du MENA. Ainsi, si l'indice régional de vulnérabilité est positif (0,028), traduisant ainsi une certaine vulnérabilité positive, les moyens d'existence en zones arides en Jordanie semble être le moins vulnérables avec un indice négatif (-0,038) traduisant une supériorité de la capacité d'adaptation par rapport à l'exposition. Par contre ces moyens d'existence semblent être les plus vulnérables en Egypte et au Maroc avec respectivement des indices de 0,097 et 0,075.

L'estimation de l'indice de vulnérabilité par composante montre que l'exposition de la région MENA est relativement élevée avec un score de 0,63. Au niveau des pays, le maximum d'exposition concerne le Maroc avec 0,71 et le minimum d'exposition est en Jordanie avec 0,57.

En ce qui concerne la sensibilité, l'indice régional dans la région MENA est relativement moyen et atteint la valeur de 0,51 avec un maximum de sensibilité en Egypte (0,63) et un minimum de sensibilité en Tunisie (0,41).

Quant à la capacité d'adaptation, le score régional atteint 0,57 traduisant ainsi un niveau relativement assez bien d'adaptation. Les deux extrêmes sont enregistrés en Egypte (0,43) et en Tunisie (0,65). Un manque à gagner est bien évidemment constaté, ce qui justifie amplement les stratégies de renforcement des capacités d'adaptation au niveau aussi bien des pays que de la région MENA.

Par ailleurs, l'application de l'approche dans d'autres contextes a abouti à des valeurs d'un ordre de grandeur proche. Etwire et al (2013) ont estimé les indices de vulnérabilité pour les composantes d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation respectivement de 0,4 à 0,45 ; de 0,3 à 0,4 et de 0,4 à 0,5 dans les districts Nord et Est du Ghana. L'indice LVI-IPCC estimé prend des valeurs comprises entre -0,015 et 0,004. Une étude similaire effectuée en Thaïlande (Laitae et al, 2013) a estimé les indices de vulnérabilité pour les composantes d'exposition, de sensibilité et de capacité

d'adaptation respectivement de 0,35 à 0,61 ; de 0,41 à 0,51 et de 0,38 à 0,62 et arrive à un indice LVI-IPCC estimé de 0,04 à 0,07.

D'autre part, l'application de l'approche SLA au niveau de pays de la région MENA a montré une tendance générale à l'extension des capitaux, financier, social, physique et humain contre un rétrécissement du capital naturel qui devrait diminuer sous l'effet du CC en raison de l'augmentation des exigences en matière d'exploitation des ressources naturelles (eau, sol et végétation, etc.).

La classification des différents moyens d'existence (Livelihoods) en fonction des sources de revenus dans les régions arides du MENA montre l'importance du capital financier dans les différents moyens d'existence. D'après les études de cas, ces sources de revenus s'avèrent multiples et diversifiées garantissant aux ménages ruraux vulnérables un minimum selon les circonstances et les conditions climatiques ou socio économiques. Ceci confirme les habitudes historiques de sociétés des régions arides qui priorisent la sécurité alimentaire et économique pour pallier aux aléas du climat et aux divers risques. La plupart des estimations indiquent que le CC est susceptible de réduire la productivité agricole, la stabilité de la production et des revenus dans les zones qui connaissent déjà des niveaux élevés d'insécurité alimentaire. Les conséquences les plus graves du CC concerneront en effet la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations vivant de l'agriculture.

En guise de synthèse, l'application de l'approche SLA présente certains avantages dont notamment son utilisation pour l'aide à la décision et l'orientation de politiques. Elle permet également la mobilisation et l'engagement des acteurs locaux. Elle se caractérise par son opérationnalité dans le domaine de l'évaluation et de la planification stratégique et son adaptabilité à différentes échelles spatio-temporelles. Néanmoins, l'approche SLA soulève un certain nombre de difficultés liées notamment à la mobilisation réelle des acteurs concernés, à la disponibilité d'une large base de données et informations, à la disponibilité de capacités et de compétences de haut niveau dans sa conceptualisation et sa mise en œuvre. D'autre part, c'est une approche dynamique nécessitant du temps pour faire dérouler un véritable processus multi acteurs.

Les résultats de cette étude montrent, qu'au niveau des pays de la région MENA, la vulnérabilité aux CC des moyens de subsistance des populations locales et des écosystèmes des zones arides, fait des mesures d'adaptation une nécessité et non pas une option pour la région. L'Adaptation fondée sur les Ecosystèmes (AfE) constitue un moyen efficace et rentable pour ajuster les systèmes humains et naturels afin que les communautés soient plus résilientes et puissent faire face aux effets néfastes de la variabilité climatique.

Ces résultats ont, par ailleurs, révélé l'intérêt et la pertinence de l'action face à l'inaction dont les impacts pourraient être lourdement facturés à la société actuelle mais surtout aux générations futures. La mise en œuvre de stratégies appropriées d'adaptation à court, moyen et long termes devient, par conséquent, une nécessité impérieuse. Laquelle nécessité impose aux pays du MANA d'agir et de mobiliser les fonds suffisants pour plaider en faveur de l'action. L'intégration de l'adaptation dans les projets de développement et l'adoption d'une approche multifonctionnelle et régionale constituent des préalables à la réussite de ces stratégies.

ABSTRACT

Development imperatives and requirements of fight against climate change (CC) are very linked. The CC, which constitutes an additional constraint to the achievement of the objectives of sustainable development of UNO (SDO), is undeniably the central challenge of the 21st century. The Paris Agreement, adopted during the 21th Conference of Parties to the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) represent the first basis of a comprehensive agreement that will allow humanity to cope with CC and mitigate its dangerous and irreversible impacts. The agreement requires countries Parties to take measures to maintain and, where appropriate, enhance sinks and gas reservoirs of greenhouse gases GHG including forests.

The MENA region has a multitude of specific forest ecosystems in arid areas which may enhance the potential in terms of carbon sequestration CS. From their part, the International Financial Institutions (IFIs) undertake, increasingly, to systematically consider the carbon impact of the projects and programs they finance during the evaluation of their investment decision process.

Referring to the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC WGI: the Physical science basis, 2013], the expected projections CC, globally and by 2100, would be:

- an increase in mean annual temperature at the surface of the Earth, between 1 and 4.2 ° C depending on the scenario. The most worrying is that this rate of warming would be the highest since 10,000 years;
- a rise in the average level of the oceans and seas due to warming waters and the melting of glaciers and ice caps, ranging between 20 and 70 cm;
- an overall increase in rainfall accompanied by a significant regional disparity.

At the MENA region, the projections show that this region would be among the regions of the world accuses the increase in the largest temperature. This increase would be accompanied by a greater frequency of heat waves. The expected CC will go on increasing from the coastal areas to inland areas. Therefore, as one of the most exposed regions to the CC, the MENA is called a climate "hot spot".

Agriculture and rural development in the region which are already facing serious challenges, may be hampered more by the climate disruption since agricultural production could fall by 40% under the effects CC by 2080 (Pluriagri, 2015). Areas affected by drought in this region will become more widely distributed, which would result in an increased risk of water and food scarcity and consequently, malnutrition.

Forest ecosystems in arid areas of the MENA, consisting mainly of steppe rangelands, which cover more than 80% of the area of the region undergoing profound changes under the combined effects of:

- human grasp, which has long exercised it;
- and CC whose effects are beginning to be felt over the past decades.

These ecosystems can't perform essential services for socio-economic development of these areas, especially heavily dependent people of their natural resources.

It is in this context that the MENA-DELP Program initiated this study to identify management approaches that promote resilience of arid ecosystems in the MENA region and the people's adaptive capacity dealing with risks and CC contributing to strengthening the carbon sequestration potential.

The synthetic analysis of approaches to vulnerability to CC arid ecosystems shows that despite the severity of the weather, these ecosystems are characterized by adaptive and productive capacities rather high if this severity is offset by better management and an ecosystem healthier, more balanced and more efficient.

At these ecosystems, resilience is provided both by the peculiarities of morphological and physiological regulation and ecological affinities of plants that are constituted and by the diversity of meso and micro-ecological conditions environments they occupy (topography, soil type ...).

Knowing the proportion of the types of ecological biogeographic "wet" affinity like those of Mediterranean or European species and types to ecological "hot" affinity like the Saharo indien and paleotropical species is of great importance for understanding the evolution of the vegetation and to predict their productive potential and adaptive capacity to CC. The proportions of annual and perennial plants could learn about the vulnerability and / or resilience of ecosystems to aridity and consequently to CC.

In some special situations, invasive species, favored by the new warmer and drier climate, will, however, know an expansion. There are a non palatable species, less prized by humans and which have large niches that will be advantaged because of reduced competition for water and nutrients. Some of them have several interests (aromatic, medicinal, cosmetic ...) that should be valorized.

Therefore increased aridity is not necessarily reflected in a decrease in productivity per unit of water available if this increase is offset by better management and a healthier ecosystem, more balanced and more efficient. Similarly such an increase does not necessarily mean a deterioration of ecosystem services if it integrates the interests and multipurpose plant biomass (whether palatable or not) produced by these ecosystems.

Among the methods and tools for modeling the future geographic distribution of plants and predicting the vulnerability of forest ecosystems in arid areas to CC, the method based on the concept of ecological niche is considered as very suitable. This method relating the presence of the species to environmental parameters such as maximum entropy (MaxEnt), has several advantages and is fairly efficient. Whatever the effectiveness of the approach, it remains difficult to predict with certainty the composition and operation of future forest ecosystems in arid and desert areas. It is certain that in the long term these ecosystems will experience reorganization, with more generalist species, which will accentuate the process of simplification and induce a loss of biological diversity.

To cope with the adverse effects of CC on dryland forest ecosystems, several techniques of restoration / rehabilitation and management, promoting the resilience of these ecosystems and their carbon sequestration capacity (SC) can be recommended. These are all good practices of restoration / rehabilitation rangeland associated with soil and water conservation techniques, the use of non-conventional water and sound management practices and the choice of the most resistant multipurpose species with an optimal location in space (taking into account edaphic potential of intervention areas) and in time (to seize the favorable weather events).

An emphasis of the reallocation of certain ecosystems is another promising alternative to cope with the effects of CC, given the economic and environmental interests it presents. Such an approach

would, in fact, the extension of more resistant plants with a large carbon sequestration potential and can be used for many purposes other than pastoral (aromatic, medicinal ...). Very aridified sites can be devoted to the breeding of hardier species such as camel or completely converted into large parks for wildlife species (antelopes, ostriches, bustards ...) that are better adapted to such conditions.

All the good practices of restoration / rehabilitation and sustainable management, are promising alternatives not only to improve the livelihoods of population based on farming, but also for the carbon sink, soil restoration and assert the multifunctionality of these ecosystems. Indeed, the IPCC (2000) estimates that the improved management of rangelands could sequester more carbon than all other practices. Arid ecosystems which are the natural and dominant biome in MENA are likely to contribute significantly to the CS. This is even more true that these potentialities, which are completely obscured, are currently used very little and still far from saturation in terms of CS.

In fact, an initial exploratory assessment of CS potential through sustainable management practices of forest ecosystems in MENA countries, using the EX-ACT software developed by FAO, allowed to highlight the following results:

- Algeria: the potential for carbon sequestration in forest ecosystems, would be around 16 million tons of CO₂ equivalent (Mt CO₂-eq) / year). Reforestation and extension of forest cover on 1.245 million ha (included in INDCs of Algeria) contribute alone at a rate of 11 Mt CO₂-eq / year.
- Egypt: the restoration and regeneration of 700 000 ha course of 5 years, would sequester the amount of carbon of about 1 Mt CO₂-eq / year. This potential is not very significant, additional investigations are necessary.
- Jordan: a mitigation program of GHG emissions related to the deferred grazing and regeneration of the Badhia course, present a potential average annual sequestration of 1.6 Mt CO₂-eq. This program would be able to contribute up to 37% of the commitments made by Jordan under its INDCs.
- Morocco: The potential of CS, which includes in particular the conversion of marginal land in Argan forests would sequester a significant amount of carbon in the order of 4.9 Mt CO₂-eq. This potential would be able to contribute up to 13.4% with the commitments made by Morocco under its INDCs.
- Tunisia: The potential of CS, which includes especially the afforestation of Olivier extensive, allow sequestration of 1.88 Mt CO₂-eq / year. This potential would be able to contribute up to 14.6% of the commitments Tunisia under its INDCs.

These prospective calculations show that the CS potential through better management of forest ecosystems in the MENA region could be around 15% of the commitments of countries under their INDCs whereas currently it represents only few percent.

Furthermore, analysis of the vulnerability of populations livelihoods in arid and desert areas in the MENA countries, have shown that this approach allows us to understand the vulnerability of livelihoods to the CC if applied a comprehensive manner centered on rural households and their socio-economic realities. Indeed, the estimation of the composite index of Livelihood vulnerability IPCC (IPCC-LVI) reveals a variety of situations and a differential vulnerability among countries of the region. Thus, if the regional vulnerability index is positive (0.028), reflecting some positive

vulnerability, livelihoods in arid Jordan seems to be less vulnerable to a negative value (-0.038) reflecting the superiority of adaptability compared to the exposure. Contrariwise these livelihoods seem to be most vulnerable in Egypt and Morocco with indices of 0.097 and 0.075 respectively.

The estimation of the component by vulnerability index shows that exposure to the MENA region is relatively high with a score of 0.63. At the country level, the maximum exposure for Morocco with 0.71 and the minimum exposure is in Jordan with 0.57.

Regarding the sensitivity, the regional index in the MENA region is relatively medium and reaches a value of 0.51 with a maximum sensitivity in Egypt (0.63) and minimal sensitivity in Tunisia (0.41).

As for adaptability, the regional score reached 0.57 reflecting a level relatively well enough to adapt. Both extremes are recorded in Egypt (0.43) and Tunisia (0.65). A loss is clearly seen, which amply justify the strategies of building adaptive capacity in both countries in the MENA region.

Moreover, the application of the approach in other contexts yielded close values. Etwire et al. (2013) estimated the vulnerability index for exposure components, sensitivity and adaptive capacity of respectively 0.4 to 0.45; 0.3 to 0.4 and 0.4 to 0.5 in the northern and eastern districts of Ghana. The estimated IPCC LVI-index takes values between -0.015 and 0.004. A similar study in Thailand (Laitae et al., 2013) estimated the vulnerability index for exposure components, sensitivity and adaptive capacity of respectively 0.35 to 0.61; from 0.41 to 0.51 and from 0.38 to 0.62 and arrives at an estimated LVI-IPCC index of 0.04 to 0.07.

On the other hand, the application of the SLA approach across the MENA region has shown a general trend towards the expansion of capital, financial, social, physical and human against a narrowing of the natural capital that is expected to decrease due to the increased requirements of population to natural resources (water, soil, vegetation, etc.).

The classification of different Livelihoods based on income sources in arid MENA demonstrates the importance of financial capital in different livelihoods. From the case studies, these revenue sources are found multiple and diversified guaranteeing minimum vulnerable rural households depending on the circumstances and climatic or socioeconomic conditions. This confirms the historical patterns of arid regions societies that prioritize food and economic security to mitigate the vagaries of climate and various risks. Most estimation indicates that the CC can reduce agricultural productivity, production stability and incomes in areas that already experience high levels of food insecurity. The most serious consequences of CC concern indeed food security and livelihoods of people living from agriculture.

The application of the SLA approach has some advantages including its use for decision support and policy guidance. It also allows the mobilization and commitment of local actors. It is characterized by its operational capability in the field of evaluation and strategic planning and adaptability to different spatial and temporal scales. Nevertheless, the SLA approach raises a number of challenges such as the actual mobilization of stakeholders, the availability of a broad base of data and information, availability of skills and high level skills in conceptualizing and its implementation. On the other hand, it is a dynamic approach that requires time to scroll through a genuine process multi actors.

The results of this study show that, the vulnerability to CC livelihoods of local communities and ecosystems of drylands populations in the MENA, make adaptation a necessity and not an option for the region. Adaptation based on Ecosystems (AFE) is an effective and efficient way to adjust the

human and natural systems to be more resilient and able to cope with the negative effects of climate variability.

These results have also revealed the interest and relevance of the action versus inaction which the impacts could be heavily charged to current society but especially for future generations. The implementation of appropriate adaptation strategies in the short, medium and long terms is therefore an urgent need. MENA countries should take action and mobilize sufficient funds to advocate for action. The integration of adaptation into development projects and the adoption of a multi-functional and regional approach are prerequisites for the success of these strategies.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La prise de conscience internationale et la reconnaissance mondiale des effets du Changement Climatique (CC) sur les conditions socio économiques et les moyens d'existence (livelihood) des populations et sur les écosystèmes ont été confirmées depuis le Sommet de la terre à Rio en 1992.

En se référant au 5^{ème} rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC, WGI : the Physical science basis, 2013], les projections du CC attendu au niveau global à l'horizon 2100 seraient :

- une augmentation de la température moyenne annuelle à la surface de la Terre, variant dans un intervalle de (1 à 4,2 °C) avec un rythme de réchauffement très préoccupant ;
- une élévation du niveau moyen des océans et des mers suite au réchauffement des eaux et à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, variant entre 20 et 70 cm ;
- une augmentation globale des précipitations accompagnée d'une disparité régionale importante.

Les projections de CC au niveau de la région méditerranéenne, dont relève les pays de la région MENA, montrent qu'elle serait l'une des régions du monde qui accuserait l'augmentation de la température la plus importante. Cette augmentation serait accompagnée d'une fréquence plus accrue de vagues de chaleur. A l'échéance 2100, la valeur la plus probable de l'augmentation de la température moyenne annuelle serait de l'ordre de 3,5°C. Cette augmentation serait très contrastée entre les saisons, de 2,6 °C durant l'hiver, elle atteindrait les 4,1 °C durant l'été. Au niveau des précipitations, on s'attendrait à une baisse modérée des volumes moyens annuels pouvant atteindre, voire dépasser les 30% pour certaines régions. La valeur la plus probable de la diminution des précipitations serait de (-12%). Cette diminution serait, dans ce cas également, très contrastée entre les saisons, de (- 6%) durant l'hiver, elle chuterait à (-24 %) durant l'été.

Ces événements extrêmes représentent une source majeure de risque pour les pauvres et peuvent potentiellement détruire les acquis du développement et entraver ainsi la réalisation des Objectifs de Développement du Millénaire (ONU, 2000).

La région Afrique du Nord et Moyen Orient (MENA) (Figure 1) qui bien qu'elle contribue relativement peu aux émissions de gaz à effet de serre, est considérée comme l'une des régions les plus exposées au CC et est pour ce fait qualifiée de « point chaud » climatique. En effet, de par leur situation géographique, les pays de cette région seront les plus touchés par les effets néfastes du CC sur les différents secteurs de leurs économies étant donné que l'augmentation des températures moyennes et la diminution des précipitations au niveau de la région et surtout l'augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques risquent d'être plus importantes que la moyenne mondiale en raison de l'étendue des zones arides et désertiques qui caractérise cette région.

L'agriculture et le développement rural dans la région qui font face déjà à de sérieux défis, risquent d'être entravés davantage par le dérèglement du climat étant donné que les prévisions estiment que d'ici 2080, la production agricole pourrait diminuer de 40% sous les effets du CC (Pluriagri, 2015). Dans de nombreuses zones de la région, la demande en eau dépasse déjà l'offre. Les zones touchées par la sécheresse au niveau de cette région vont probablement devenir plus largement distribuées, ce qui se traduirait par un risque accru de pénurie d'eau et de nourriture et, par conséquent, de la malnutrition.



Figure 1. Pays concernés par l'étude des moyens de subsistance (Livelihoods) des populations en zones arides et désertiques de la région MENA

Source : Adapté de http://d-maps.com/carte.php?num_car=3142&lang=fr

Les écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA, constitués principalement par des parcours steppiques, qui couvrent plus de 80% de la superficie de la région, connaissent de profondes transformations sous les effets combinés de l'emprise humaine et du CC. Ces écosystèmes ne peuvent souvent plus assurer les services indispensables au développement socio-économique de ces zones et notamment des populations fortement dépendantes de leurs ressources naturelles.

L'accord de Paris, adopté au cours de la Cop 21, qui reconnaît que l'adaptation au CC comporte des dimensions locales, infranationales, nationales, régionales et internationales demande aux Parties de prendre des mesures pour conserver et, le cas échéant, renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre notamment les forêts.

Les Institutions Financières Internationales (IFIs) s'engagent de plus en plus à systématiquement considérer l'impact carbone des projets et des programmes qu'elles financent durant le processus d'évaluation de leur décision d'investissement.

C'est dans ce contexte que s'intègre cette étude qui vise à identifier les approches de gestion favorisant la résilience des écosystèmes arides de la région MENA et la capacité d'adaptation des populations face aux risques encourus par le changement climatique et contribuant à renforcer le potentiel de séquestration du carbone engagée dans le cadre du Programme MENA-DELP

Les objectifs spécifiques de cette étude sont ainsi définis :

- identification des modes de gouvernance des écosystèmes forestiers des zones arides et semi arides de la région MENA permettant de promouvoir au niveau local, des stratégies de réduction des pressions anthropiques sur ces écosystèmes tout en garantissant aux usagers que les biens et services dont ils dépendent pourront être maintenus sur le long terme;
- optimisation et valorisation du rôle d'atténuation de ces écosystèmes (puits de carbone), via l'élaboration d'outils méthodologiques qui permettront de faire valoir les efforts et les savoir-faire locaux de protection/restauration/gestion des écosystèmes fragiles;
- renforcement de la coordination et des échanges d'expériences entre acteurs de la région à travers des activités de coordination et de communication avec le souci de

proposer des outils pour l'adaptation et l'atténuation aux changements climatiques par les écosystèmes forestiers des zones arides ;

- promotion de la spécificité des écosystèmes forestiers des zones arides auprès de la communauté internationale et notamment les Institutions Financières Internationales dans le cadre des négociations internationales sur le changement climatique et le financement de projets en rapport avec ce changement.

Pour atteindre les objectifs visés, l'étude a été structurée autour de quatre composantes :

- **Analyse de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers** en zones arides et désertiques face aux effets du changement climatique et identification des approches et techniques de gestion de ces écosystèmes pour améliorer leur résilience;
- **Analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance (Livelihoods)** des populations en zones arides et désertiques face aux effets du changement climatique et identification des mesures et pratiques d'adaptation;
- **Estimation du potentiel de séquestration de carbone** des forêts et autres terres boisées dans les zones arides et désertiques et évaluation du bilan de carbone des bonnes pratiques;
- **Proposition d'approches de gestion** favorisant la résilience des écosystèmes et la capacité d'adaptation des populations face aux risques encourus par le changement climatique et contribuant à renforcer le potentiel de séquestration du carbone.

L'intégration et l'agencement de ces composantes sont illustrés par la Figure 2.

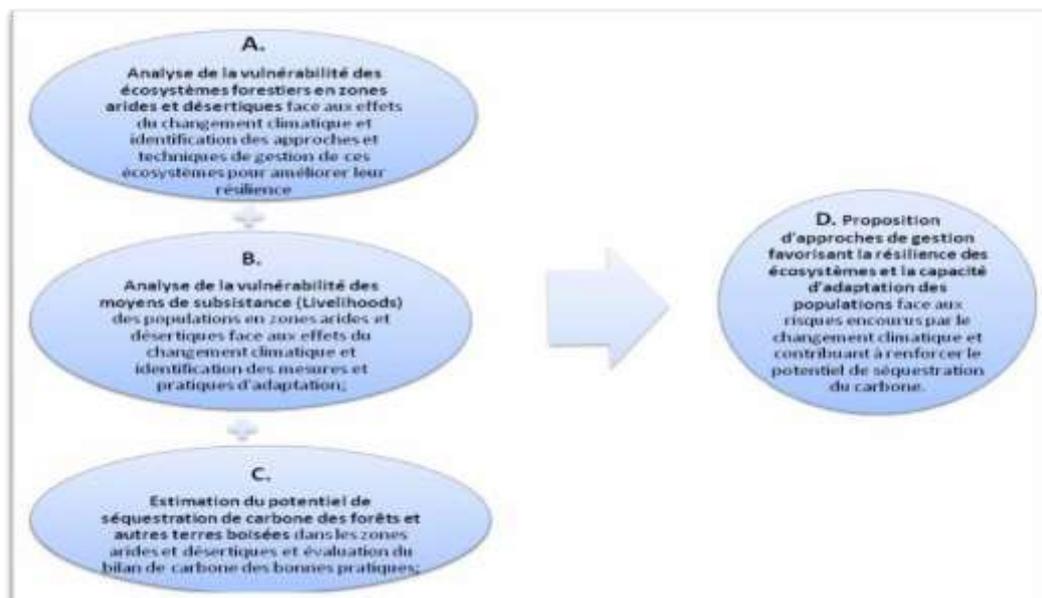


Figure 2. Agencement des composantes de l'étude de vulnérabilité des écosystèmes au CC (MENA-DELP)

COMPOSANTE A : ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS EN ZONES ARIDES ET DÉSERTIQUES FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

1. Introduction

Les écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA connaissent de profondes transformations sous les effets combinés de l'emprise humaine, qui s'y exerce depuis longtemps, et des changements climatiques dont les effets commencent à se faire sentir au cours des dernières décennies. En effet, de par leur situation géographique, les pays de cette région seront les plus touchés par les effets néfastes des changements climatiques sur les différents secteurs de leurs économies étant donné que l'augmentation des températures moyennes et la diminution des précipitations au niveau de la région risquent d'être plus importantes que la moyenne mondiale en raison de l'étendue des zones arides et désertiques qui caractérise cette région. Le 5^{ème} rapport d'évaluation (2015) du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, en anglais IPCC) prévoit une augmentation de la température moyenne de l'ordre de 2°C dans les 15 à 20 prochaines années, pouvant atteindre, voire dépasser 4° C d'ici la fin du siècle. De l'avis de plusieurs spécialistes, cette augmentation de la température moyenne devrait s'accompagner d'une baisse d'au moins 20% des précipitations dans les pays MENA. Cette situation est d'autant plus inquiétante que ces pays figurent parmi les pays du monde disposant des plus faibles ressources en eau.

Paradoxalement, c'est au niveau des zones arides et semi-arides des pays de la région MENA, que la dépendance de la population vis-à-vis des biens et services de ces écosystèmes est très forte, étant donné que les intérêts présentés par la végétation particulièrement pour les populations rurales sont très diversifiés: alimentation du bétail, usages thérapeutiques, combustibles ligneux pour les besoins domestiques, etc. En plus de ces services d'approvisionnement ou de prélèvement, qui assurent le maintien de la société rurale, d'autres services dits de régulation (lutte contre la désertification, séquestration du carbone, protection des bassins versants, qualité du paysage...) et de soutien (conservation de la biodiversité), qui constituent les plus grands soucis des décideurs et des Institutions Financières Internationales en charge de la protection de l'environnement, ne peuvent être assurés que par les écosystèmes forestiers dans une zone où le couvert végétal naturel constitue le dernier rempart contre l'avancée du désert.

Suite à une prise de conscience généralisée, des impacts négatifs des changements climatiques sur les économies de leurs pays, les gouvernements des pays MENA ont exprimé leur conviction par la nécessité de prendre des mesures concrètes de prévention et d'adaptation au CC à travers la déclaration des pays arabes et à travers leur association aux accords de Copenhague. C'est sur la base de ces convictions que ces pays ont développé des stratégies thématiques d'adaptation au changement climatique des différents secteurs de leurs économies (agriculture, tourisme, forêts, littoral, eau...). Ces stratégies ont été établies avec les appuis technique de plusieurs instances internationales (GTZ, PIK, OSS,...) et financier des Institutions Financières Internationales (Commission Européenne, Banque Mondiale,...).

Conscient des impacts positifs des aménagements pastoraux sur le ralentissement de la dégradation des sols et de la désertification et sur l'amélioration du bilan fourrager, plusieurs projets ont été mis

en œuvre au cours des dernières décennies par l'ensemble des pays de la région en vue de promouvoir le développement de ces systèmes pastoraux et d'améliorer leur résilience face aux CC. L'effet positif des diverses formations végétales des zones arides et désertiques, qui couvrent la part la plus importante de la superficie de tous les pays de la région MENA, sur la séquestration de carbone, et qui reste souvent occulté, devrait par conséquent prévaloir dans tout projet futur de restauration /réhabilitation/réaffectation des écosystèmes forestiers de ces zones.

En effet, les Institutions Financières Internationales (IFIs) s'engagent de plus en plus à systématiquement considérer l'impact carbone des projets et des programmes qu'elles financent durant le processus d'évaluation de leur décision d'investissement. Ces mécanismes qui ne concernent, jusqu'ici, que les forêts des zones humides gagneraient à être élargis pour couvrir les écosystèmes forestiers des zones arides dont le potentiel de séquestration de carbone est loin d'être négligeable.

C'est pour combler cette lacune que la présente étude est menée en vue d'identifier des approches de gestion durable de ces écosystèmes permettant à la fois, d'améliorer les moyens de subsistance à travers la diversification des sources de revenus des populations et d'atténuer les effets des changements climatiques à travers des pratiques durables favorisant la séquestration du carbone par des écosystèmes qui occupent la majeure partie de la région.

2. Les zones arides : Ampleur de leur étendue dans le monde et au niveau des pays de la région MENA

Tel qu'ils ont été définis par les termes de référence de cette étude, l'« *Ecosystème forestier* », est tout couvert forestier et toutes autres végétations naturelles qui existent dans les zones arides et désertiques de la région MENA. Ces couverts englobent à titre indicatif et non exhaustif, l'ensemble des terres régies par la réglementation nationale forestière y compris les zones de parcours, les steppes, les garrigues, les maquis, les oasis, les forêts, les reliques de forêts, les espaces reboisés, etc.

Une telle définition nous ramène à définir tout d'abord les zones arides ainsi que les différents types de formations végétales qui s'y développent.

Les sols arides sont définis par un index d'aridité qui représente le ratio des précipitations par rapport au potentiel de l'évapotranspiration P/PET avec des valeurs < 0,05 pour les sols hyper-arides, <0,20 pour les sols arides et 0,20–0,50 pour les semi-arides. Ce sont les sols arides les plus caractéristiques, mais souvent la zone sèche humide (0,50-0,65) est aussi incluse (Middleton et Thomas, 1997).

2.1. Données relatives à la délimitation des zones arides dans le monde

Le Tableau 1 montre les superficies et les pourcentages des zones arides dans le monde.

Tableau 1. Zonage bioclimatique basé sur le ratio P/PET (UNEP, 1992)

Zones Bioclimatiques	Superficie (10 ³ Km ²)	%	P/PET ratio
Hyperaride	9781	7.5	<P/PET<0.05
Arde	15692	12.1	0.05<P/PET<0.20
Semi-aride	23053	17.7	0.20<P/PET<0.45
Arde sub-humide	12947	9.9	0.45<P/PET<0.65
Sub-humide	25843	19.9	0.65<P/PET<0.75
Humide and hyper-humide	422811	32.9	0.75<P/PET<

Dans le Tableau 2 sont consignées les superficies et les pourcentages des zones arides au niveau des différents pays de la région MENA.

Tableau 2. Taille et distribution des zones arides au niveau du MENA ((10³Km²) (Houérou, 1992a)

Pays	Etage Bioclimatique						
		Eremitic	Hyperaride	Arde	Semi-aride	Total	%
Indice d'Aridité (I) (P/PET*100)	Superficie	I<3	3<I<6	6<I<30	30<I<50		
P(Approx.mm)		P<50	50-100	100-400	400-600		
Algérie	2381	1562	438	210	90	2300	97
Egypte	1001	685	286	30	-	1001	100
Maroc	713	240	150	120	130	640	90
Tunisie	164	30	33	55	26	144	88
Jordanie	98	18	25	40	15	98	100

L'analyse des données des Tableau 1 et Tableau 2 ci-dessus montre que les pourcentages des zones arides (tous degrés d'aridité confondus) au niveau des pays de la région MENA sont de loin plus élevés que ceux enregistrés au niveau global. C'est pour cette raison que les spécialistes considèrent cette région comme un « point chaud » climatique où les impacts du CC seraient plus sévères si des mesures d'atténuation/ adaptation ne seraient pas prises.

2.2. Répartition des écosystèmes arides au niveau de la région MENA

La Figure 1 Figure 3 relative aux différentes formations végétales qui sont représentées au niveau mondial, montre que les formations végétales les plus dominantes au niveau de la région MENA sont constituées principalement par des steppes et par des déserts et des semi-déserts.

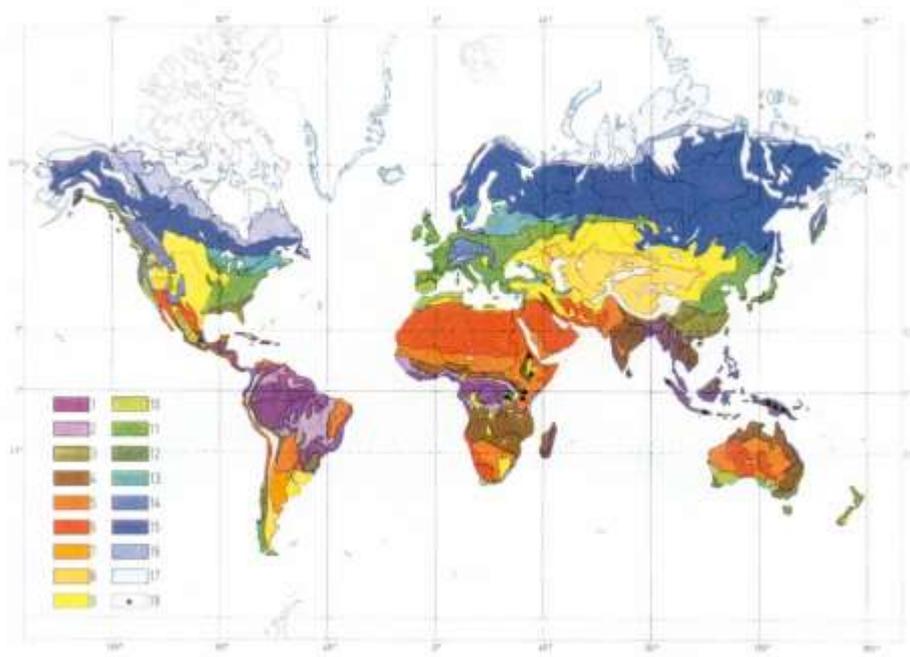


Figure 3. Carte schématique des formations végétales climax des continents

- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Forêt dense équatoriale | 10. Forêts et maquis sclérophylls de type méditerranéen |
| 2. Savanes dérivées | 11. Forêts caducifoliées tempérées |
| 3. Forêts hygrophytes subtropicales ou tempérées | 12. Forêts hygrophytes tempérées de Conifères |
| 4. Forêts claires caducifoliées tropicales | 13. Forêts tempérées mixtes d'essences caducifoliées et de Conifères |
| 5. Forêts claires et brousses riches en épineux | 14. Forêts de montagnes tempérées |
| 6. Déserts et semi-déserts tropicaux | 15. Forêts boréales de Conifères |
| 7. Déserts et semi-déserts subtropicaux | 16. Forêt boréale claire de Conifères |
| 8. Déserts et semi-déserts tempérés | 17. Toundra |
| 9. Steppes tempérées et tropicales | 18. déserts froids, polaires ou de hautes montagnes. Le triangle noir représente des montagnes isolées |

Les superficies des écosystèmes arides et désertiques des différents pays de la région MENA, constitués principalement par des formations steppiques et classées comme terres à pâturage, sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3. Superficies des terres à pâturages de la région MENA (1000 ha)

	1991	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Algérie	30816	31620	31829	32848	32803	32862	32909	32981	32963	32963
Jordanie	791	791	791	742	742	742	742	742	742	742
Maroc	20900	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000
Tunisie	4335	4470	4561	4928	4861	4870	4840	4853	4852	4839

Source : FAOSTAT (2013)

En Egypte, les principales zones de parcours qui couvrent près de quatre millions d'hectares sont localisées dans la région de la côte du Nord-Ouest, de la péninsule du Sinaï et dans la région Halayeb - Shalayin au sud-est du pays, en bordure de la mer Rouge. La végétation est à base de chaméphytes et de thérophytes dominés par *Plantago albicans*, *Gymnocarpos decander*, *Artemisia herba-alba*, *Haloxylon scoparium*, *Anabasis articulata*, *Suaeda pruinosa* etc.

3. Vulnérabilité des écosystèmes arides des pays du MENA face aux changements climatiques

3.1. Cas de l'Algérie

La carte des étages bioclimatiques de l'Algérie montre que la majeure partie du pays est couverte par les étages bioclimatiques arides et désertiques (figure 4). La végétation au niveau de ces étages est à base de formations steppiques très vulnérables au changement climatique.

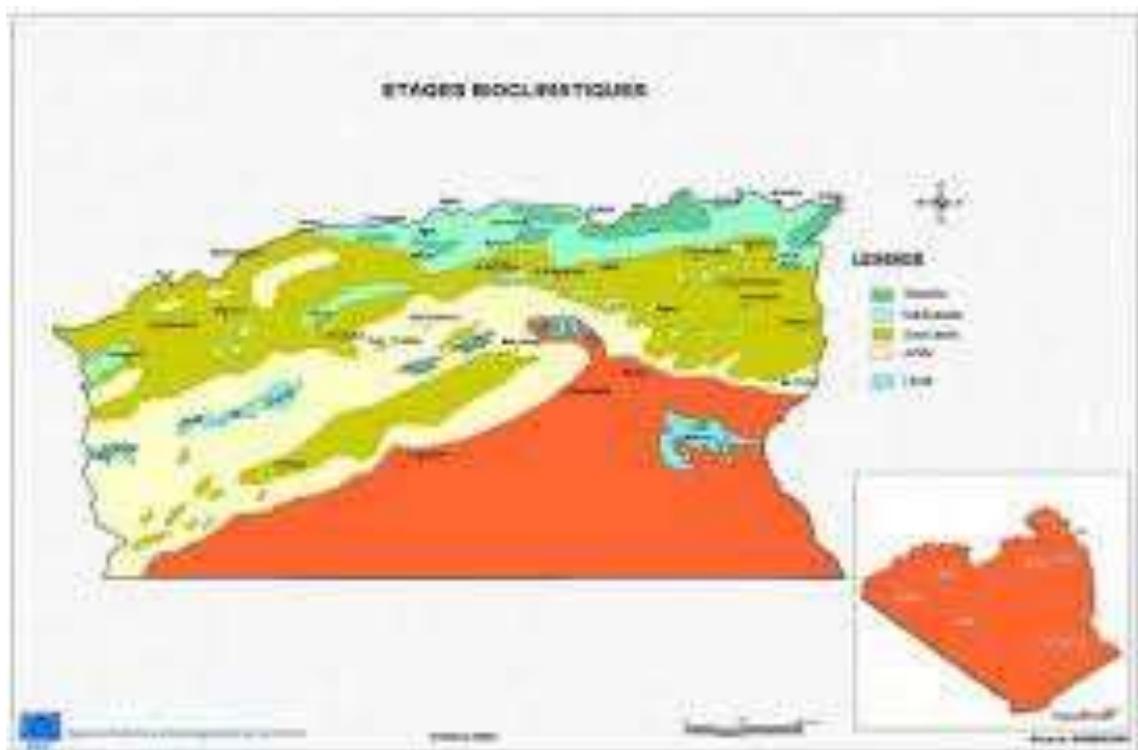


Figure 4. Etages bioclimatiques de l'Algérie

Les projections climatiques sur l'Algérie à l'horizon 2020 et 2050 obtenues par le modèle UKHI (United Kingdom Meteorological Office High Resolution) en adoptant le scénario «IS92a » du GIEC avec les deux hypothèses haut et bas montrent des augmentations plus ou moins importantes des températures pouvant avoisiner 1,5°C et une baisse moyenne des précipitations pouvant atteindre 10%.

Ces changements climatiques auront pour conséquence un rétrécissement des surfaces plus pluvieuses par rapport à la situation de référence (1961 - 1990).

L'étude effectuée par Mellaoui-Murzeau(2013) sur l'analyse de la politique du secteur

forestier et des secteurs connexes en Algérie en rapport avec les changements climatiques a abouti aux principales conclusions suivantes :

- la plupart des mécanismes et des programmes mis en place en Algérie (le Renouveau Rural (RR), le Plan National de Développement Forestier(PNDF), le Plan National de Reboisement (PNR) et le code forestier) n'intègrent pas le changement climatique dans son sens formel même si ce phénomène est mentionné sporadiquement dans les documents de tous les secteurs dont la stratégie a été analysée. Seuls le Plan d'Action National de lutte contre la désertification (PAN LCD) et le Schéma National de Gestion des Aires Protégées (SNGAP) soulignent l'importance d'intégrer le changement climatique dans les plans d'action et de développer des mesures pour lui faire face ;
- le reboisement reste le moyen privilégié pour lutter contre la désertification et diminuer les effets du CC. Le secteur forestier à l'instar des secteurs de l'eau, de l'agriculture et de la santé, a élaboré un document sur la vulnérabilité et les mesures d'adaptation au CC ;
- des projets pilotes ayant pour objectifs la définition et la mise en œuvre de méthodologies d'évaluation des impacts des changements climatiques et de quantification d'une manière scientifique des émissions et l'absorption des Gaz à Effet de Serre GES dans le secteur des forêts ont été proposés.

D'après cet auteur, l'élaboration des Plans Climats Territoriaux Intégrés (P.C.T.I) au niveau des Collectivités Locales doit permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre et à mieux s'adapter aux impacts du changement climatique dans les domaines cruciaux : eau, agriculture, énergie, risques majeurs...

Dans le domaine des forêts, Mellaoui-Murzeau (2013) considère que le développement et la réhabilitation d'espèces forestières adaptées à la sécheresse et l'intégration du système photovoltaïque, ainsi que l'éolien, en zones littorales sont des solutions envisageables pour limiter les impacts négatifs des changements climatiques. Cet auteur souligne l'urgence de reconnaître la multifonctionnalité des écosystèmes forestiers et son importance pour tous les autres secteurs, aussi bien sur le plan législatif que stratégique. Le secteur forestier devrait pour cela, élaborer des outils pour reconnaître la valeur (identifier les services écosystémiques fournis par les forêts), prouver cette valeur (faire l'évaluation économique des services fournis par les écosystèmes forestiers) et appréhender la valeur (pour quelles valorisations).

L'analyse des documents des stratégies nationales des secteurs des forêts, de l'agriculture, de l'environnement, de l'eau et du tourisme par cet auteur a montré l'existence d'une multitude de plans, de schémas d'action et d'études qui ont été élaborés, modifiés ou complétés au fil des années. Elle a également mis en évidence l'importance du nombre d'organismes et d'institutions intersectorielles et interinstitutionnelles qui œuvrent pour un même objectif ; la gestion durable de ressources naturelles nationales afin d'assurer un développement socio-économique durable. Cependant bien que ces stratégies et le travail de ces institutions aient permis de cerner les problèmes environnementaux du pays, les problèmes telle que la désertification, l'érosion, la dégradation de la biodiversité, les effets du changement climatiques, les problèmes de l'eau, de pollutions persistent toujours en raison du manque de synergies et d'harmonisation des différentes stratégies et entre les différents organismes et institutions aussi bien lors de l'étape de planification que lors de des étapes de mise en œuvre.

La complémentarité entre les stratégies et la coordination entre les secteurs, permettraient cette synergie dont les principaux avantages sont :

- une optimisation des ressources humaines et financières disponibles aux différents échelons, gouvernemental, institutionnel, scientifique ;
- une réduction du risque de double emploi ;
- une circulation plus fluide de l'information.

3.2. Cas de l'Égypte

La figure 5 qui représente la carte des précipitations de l'Égypte montre que se sont surtout les étages bioclimatiques hyper-arides et arides qui dominent au niveau de ce pays et que même la zone humide sèche n'y est pas représentée.

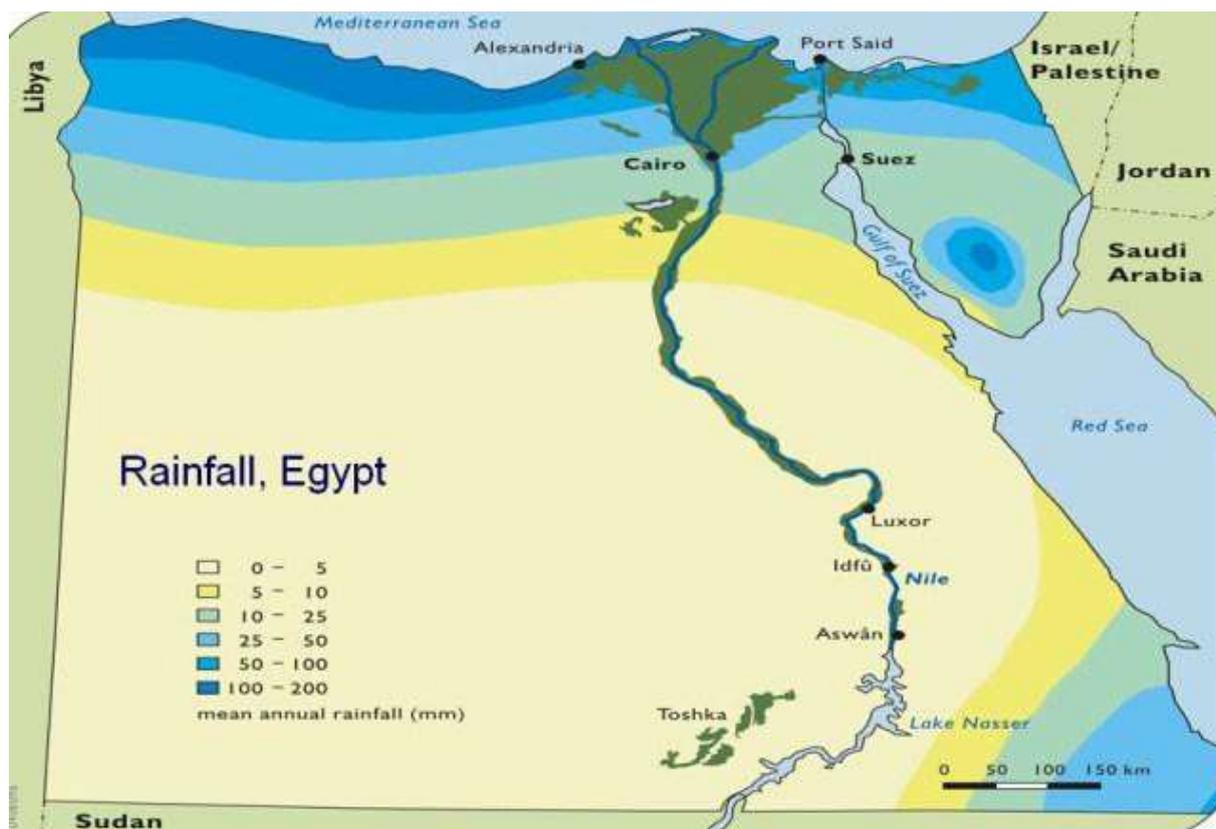


Figure 5. Carte des précipitations de l'Égypte.

A l'horizon 2100, les projections du modèle CMIP3, montrent des augmentations de températures de 2,5 à 3 °C à l'Est du pays et de 3,5 à 4 °C dans le reste du pays.

La pluviométrie, déjà très faible sur tout le territoire national, connaîtra une légère tendance à la hausse évaluée à + 0.76 mm/an.

3.3. Cas de la Jordanie

La figure 5 qui représente la carte des précipitations moyenne en Jordanie montre qu'à l'exception des zones d'altitude situées à l'ouest du pays qui reçoivent des précipitations annuelles supérieures à 400mm, et qui couvrent des superficies très faibles, se sont surtout les étages bioclimatiques arides et désertiques qui dominent partout ailleurs dans ce pays.

Figure 2: Mean annual rainfall in Jordan.

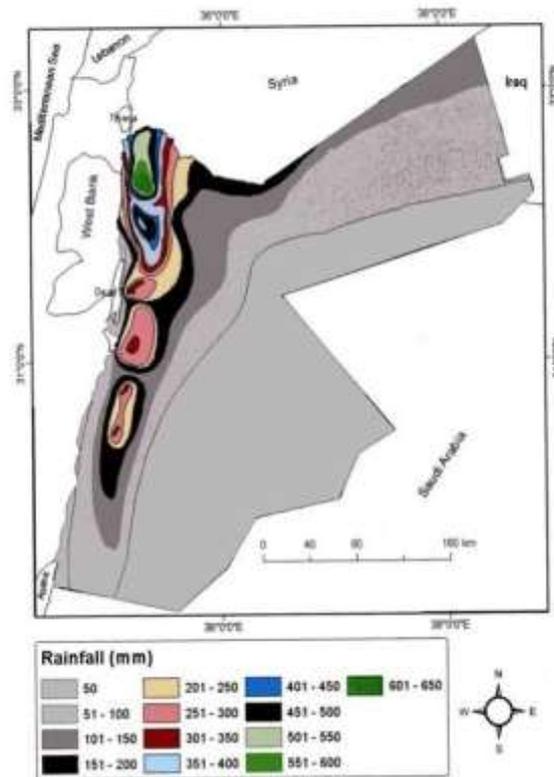


Figure 6. Carte des précipitations moyenne en Jordanie

La végétation, qui est sous l'influence directe des précipitations, est constituée par des formations steppiques avec des taux de recouvrement très faibles et très menacées par la désertification et les forêts sont très peu représentées (Figure 7).

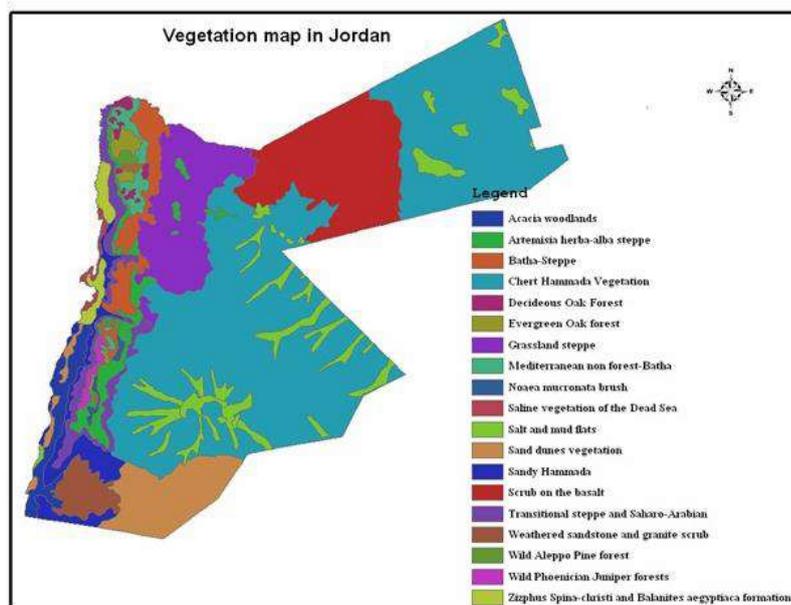


Figure 7. Carte de végétation de la Jordanie

Les 3 modèles testés (CSIROMK3 ; ECHAM5OM et HADGEM1) montrent une augmentation de température inférieure à 2 °C. Le réchauffement serait plus fort pendant les mois chauds de l'année.

Les scénarios pour les précipitations sont très variables. Le modèle CSIROMK3 s'attend à une augmentation des précipitations dans la saison des pluies d'Octobre à mai et une baisse dans les mois d'été. Par contre, le modèle ECHAM5OM montre une diminution des précipitations dans la saison des pluies de Novembre à Avril. Le modèle HADGEM1 présente une augmentation des précipitations qui tombent au cours de la période Février - Mai, ainsi que du mois de Décembre et une diminution durant les autres mois.

3.4. Cas du Maroc

De par sa position géographique et la diversité de ses zones bioclimatiques, le Maroc est l'un des pays qui possède les formations forestières les plus diversifiées et les plus importantes en terme de superficie (figure 8).



Figure 8. Répartition géographique des principales essences forestières au Maroc

(MHIRIT et ET-TOBI , 2010)

Comme le montre la figure 7 et à l'instar des autres pays de la région MENA, se sont surtout les formations végétales steppiques qui occupent la majeure partie de ce pays. La région du sud-ouest, constituée essentiellement d'arganier et de thuya et celle de l'Oued Ed-Dahab-Lagouira, formée principalement d'acacia, présentent de vastes étendues forestières mais les peuplements sont en majorité très ouverts et peu productifs.

Sur la base du modèle MAGICC et de plusieurs scénarii (A1B-AIM, B2-MES), les projections futures des changements climatiques au Maroc montrent des augmentations de températures variables, selon les régions. L'augmentation moyenne de la température, selon le scénario B2 atteindra environ 2,8 °C en 2075.

A l'horizon 2050, la pluviométrie annuelle baissera de 18,2% selon A2 et de 14,5% selon B2. Le déficit hydrique et l'élévation des températures moyennes engendrés par les changements climatiques au

Maroc se traduiront par une amplification des stress de la végétation naturelle qui devient plus vulnérable surtout au niveau des bioclimatiques Sahariens (Sh) Semi Arides (SA) et Arides (A). Les multiples fonctions jouées par le couvert végétal au niveau de ces zones fragiles seront sérieusement compromis et le phénomène de la désertification gagnera de nouveaux espaces.

D'après Mhirit et Et-Tobi(2010), les projections convergent vers un même scénario : **des changements climatiques rapides et intenses sont attendus au cours des cents prochaines années** avec des impacts significatifs sur les forêts. Toujours selon les mêmes auteurs, les écosystèmes forestiers marocains seront particulièrement vulnérables aux changements climatiques en raison de l'importance des impacts anthropogéniques. Il en résulte que des politiques et pratiques de conservation, de préservation et de gestion doivent être nuancées afin d'instaurer des stratégies d'adaptation visant à inverser la tendance actuelle à la dégradation de l'environnement, mais aussi à réduire le risque de pertes irréversibles à l'avenir. Dans ce cadre, les propositions d'action avancées par ces auteurs sont organisées autour de six principales orientations :

- 1) Prévention des risques;
- 2) Options d'adaptation pour la gestion et l'aménagement forestiers ;
- 3) Options d'adaptation pour la conservation de la biodiversité;
- 4) Consolidation du dispositif d'observation ;
- 5) Formation, information et sensibilisation,
- 6) Développement des connaissances ou nécessité d'un effort de recherche.

3.5. Cas de la Tunisie

La figure 9 des étages bioclimatiques et des régions naturelles les plus représentées en Tunisie méridionale montre que toute la partie Centre-Sud du pays est une zone aride et saharienne. En termes de superficie, ces zones couvrent près des trois quarts du pays. La végétation y est principalement steppique et est très vulnérable au changement climatique.

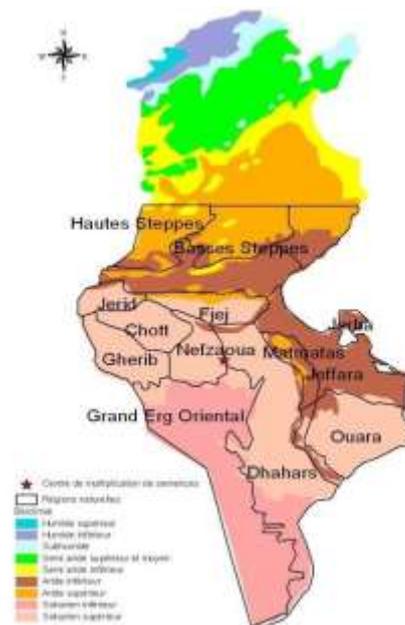


Figure 9. Etages bioclimatiques et régions naturelles les plus représentées en Tunisie méridionale (zones arides et désertiques)

D'après les études (Sghaier et *al.*, 2009 ; GIZ, 2014) et les synthèses effectuées (Ferchichi, 2013) sur la base de différents modèles (le modèle HadCM3 combiné avec les scénarios moyens A2 et B2), la Tunisie connaîtra une évolution de son climat qui peut être récapitulée comme suit :

- l'augmentation de la température moyenne sur l'ensemble du pays serait de +1.1 °C en 2030 et atteindrait +2.1 °C en 2050. La partie méridionale du pays, qui renferme les écosystèmes forestiers désertiques, connaîtra une élévation des températures et une baisse des précipitations annuelles (-27 %) plus importantes que la partie septentrionale (-10 %) ;
- le déficit hydrique varierait entre 10% au Nord à 40% Sud à l'horizon 2050 ce qui se traduirait par une forte augmentation des besoins en eau pour les cultures et une baisse de productivité des écosystèmes.
- L'ÉANM varierait de 8 à 12 cm à l'horizon 2030 et de 14 à 22 cm à l'horizon 2050.

Parmi les études nationales les plus importantes il y a lieu de mentionner celle qui a concerné la stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques (MARH, 2006 et 2007) et l'étude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer sous l'effet des changements climatiques. Une stratégie d'adaptation a été élaborée par le Ministère de l'Environnement et de Développement Durable depuis 2008. (MEDD/DGQV, 2008). Elle est présentée sous forme de sept cahiers dédiés chacun à un aspect bien particulier.

En bref, les changements climatiques en Tunisie se traduiront par une **augmentation** de la **température** moyenne annuelle, une **baisse modérée des précipitations** et une **variabilité accrue** du climat. En particulier, les **phénomènes extrêmes** (sécheresses, inondations, vent) augmenteront en fréquence et en intensité, les **années très sèches** devant se succéder plus souvent à l'avenir.

Ces modifications auront de sérieuses conséquences sur les ressources en eau, les écosystèmes, les agrosystèmes (production oléicole, arboriculture, élevage, grandes cultures), l'économie du pays et la société tunisienne. Les changements climatiques vont augmenter la pression économique pesant déjà sur la population agricole et ses exploitations. Certaines activités agricoles, voire des exploitations compétitives, pourraient ne pas survivre aux extrêmes climatiques. Il pourrait découler de tels phénomènes des risques pour l'économie agricole et des répercussions inévitables sur la société. Par ailleurs, la hausse du niveau de la mer aura des conséquences sur le littoral, les réserves d'eau potable, les zones humides côtières et les eaux souterraines adjacentes, en particulier par l'augmentation de leur salinité.

Les stratégies d'adaptation énoncent les actions d'ordre institutionnel, agricole et économique à entreprendre. Elle a pour principes directeurs :

- dépasser la gestion de crise à court terme au moyen d'une stratégie d'adaptation aux risques liés aux changements climatiques ;
- Intégrer la volatilité climatique dans la politique agricole et économique du pays;
- Gérer de manière intégrée, entre les différents secteurs économiques, les conséquences socio-économiques grevant le secteur agricole

3.6. Risques liés au changement climatique (scénarii existants)

Le CC qui se traduira pour la région MENA par une augmentation de la température moyenne annuelle, une baisse des précipitations, une variabilité accrue du climat avec une augmentation en fréquence et en intensité des phénomènes extrêmes auront des effets importants sur l'agriculture et la sécurité alimentaire des pays MENA, suite à la baisse significative des rendements. De plus, les dérèglements climatiques vont causer de sérieux problèmes liés à la gestion des ressources naturelles. L'impact négatif sur l'agriculture et sur les services écosystémiques est supposé avoir des conséquences sur l'exode rural, ce qui accélérera les processus d'urbanisation avec les problèmes associés comme le logement, l'emploi et les investissements en infrastructures. Selon l'étude nationale (MARH/GTZ, 2007), les changements climatiques en Tunisie auront de sérieux impacts sur les conditions socio économiques et environnementales. Par ailleurs, la hausse du niveau de la mer aura des conséquences sur le littoral, les réserves d'eau potable, les zones humides côtières et les eaux souterraines adjacentes, en particulier par l'augmentation de leur salinité.

Dans les zones arides des pays de la région MENA, le couvert végétal constitue la principale source de pâturage, d'énergie domestique, de produits non ligneux et vivriers et un vrai rempart contre l'érosion éolienne et la désertification. Cette végétation est dotée d'un pouvoir de résilience et d'une valeur adaptative insensible à l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Elle constitue, à cet effet, une ressource génétique à exploiter dans l'avenir pour faire face au CC.

Malheureusement, la dégradation de ce couvert, sous les effets combinés de l'Homme et du climat, est devenue un phénomène généralisé dans tous les pays de la région. Elle correspond à une diminution considérable de la production et du potentiel productif des steppes et parcours. D'après de nombreux travaux sur la dynamique des parcours, le CEP (Coefficient d'efficacité pluviale) est passé de 5 à 6 à moins de 1 kg MS/ha/an/mm de pluie. La couverture pérenne est inférieure à 5 % et la biomasse pérenne réduite à moins de 200 kg MS/ha, alors que dans une steppe en bon état, la biomasse pérenne est de 1000-1 500 kg.MS/ha et le degré de recouvrement des pérenne est de 25 à 30 %. Simultanément, la variabilité de la production annuelle croît considérablement. Donc non seulement la productivité diminue considérablement, mais encore la variabilité de la production primaire augmente dans des proportions comparables (Le Houérou et al., 1988 ; Le Houérou, 1992).

4. Les écosystèmes forestiers des zones arides et semi-arides de la région MENA : Principaux facteurs déterminant leurs potentialités productives et adaptatives

« La végétation donne à qui sait la lire les indications les plus précieuses sur les possibilités d'expansion humaine ».

Dans un souci d'allègement de ce document, nous avons jugé utile de consigner les détails des informations rapportées dans ce chapitre en annexe 1. Ces informations, qui sont très importantes pour comprendre la résilience des écosystèmes forestiers des zones arides et prédire par conséquent leur résistance au CC, se rapportent aux aspects suivants :

- les formations végétales les plus dominantes au niveau des zones arides de la région MENA ;

- les principaux descripteurs et attributs vitaux d'un couvert végétal naturel en rapport avec sa résistance au changement climatique et les adaptations morphologiques et anatomiques des plantes à l'aridité ;
- les principaux facteurs qui régissent les changements physiologiques et la dynamique de ces formations végétales ;
- les potentialités productives des écosystèmes forestiers des zones arides.

Les principales conclusions tirées à partir de ces informations peuvent être ainsi récapitulées :

- Les études effectuées sur les écosystèmes des zones arides montrent que des dizaines d'espèces constituent la presque totalité de la phytomasse sur pied des terrains de parcours, ce qui témoigne de possibilités d'adaptation très importante de la végétation à des conditions de milieu très diversifiées et très variables.
- Une augmentation de l'aridité ne se traduit pas nécessairement par une diminution de la productivité par unité d'eau disponible si cette augmentation est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace.
- Lorsqu'un milieu est désertifié non seulement sa production globale diminue de manière spectaculaire, mais la variabilité de cette production augmente de trois à cinq fois. Les facteurs de la production végétale en zone aride sont évidemment relatifs au climat et au sol ; mais l'efficacité du matériel végétal est également un facteur très important à prendre en compte pour prédire la production primaire au niveau d'un site déterminé. Ainsi, il apparaît clairement que, moins il y a de plantes pérennes dans un système, plus la production est variable entre les années. La géomorphologie et la nature du sol ont également une influence très importante sur la variabilité de la production par le fait qu'elles déterminent le bilan hydrique du sol.
- La proportion des types biogéographiques à affinité écologique « humides » comme ceux des espèces méditerranéennes ou européennes et ceux à affinité écologique « chaude » comme les espèces saharo-sindiennes est d'une grande importance pour comprendre l'évolution de la végétation et pour prédire ses potentialités productives et adaptatives face au CC. De même, l'évolution des proportions de plantes arido-actives et arido-passives dans les peuplements végétaux des zones sèches pourrait renseigner sur la vulnérabilité et/ou la capacité de résilience des écosystèmes face à l'aridité et par conséquent au CC. La régression des arido-actives pourrait traduire une tendance à l'aridification.
- La compréhension de la dynamique de la végétation est un préalable essentiel pour comprendre et prévoir les réponses d'un système écologique à la perturbation et pour faire la part des tendances structurelles et conjoncturelles. La dynamique de la végétation des écosystèmes arides de la région MENA est caractérisée par les traits suivants :
 - régression rapide du couvert végétal, si la pression humaine est très forte (labour, surpâturage et cueillette du bois) ;
 - évolution progressive et rapide à court terme si l'on supprime les facteurs de perturbation liés à l'homme ;
 - évolution progressive et lente liée aux conditions bioclimatiques (évolution d'autant plus lente que le milieu est plus aride) ;

- faible résilience des systèmes écologique qui dépassent le seuil d'irréversibilité en raison des fluctuations climatiques; la faible biomasse, la rareté de la litière, l'absence de report des réserves hydriques d'une année sur l'autre, font que les systèmes ont une faible inertie et un faible pouvoir tampon;
 - forte stabilité ou résilience des communautés végétales peu dégradées due à des adaptations propres aux espèces des zones arides qui se caractérisent par une recolonisation rapide (bonne élasticité) et à la nature du spectre biologique des communautés végétales. La forte contribution des espèces à affinité écologique « chaude » comme les espèces saharo-sindiennes et tropicales donne une grande flexibilité à ces communautés face au CC.
- Il est clair que, en moyenne, la productivité des écosystèmes forestiers des zones arides est relativement faible, mais compte tenu des larges étendues qu'occupent ces écosystèmes, leur contribution dans la séquestration de carbone est loin d'être négligeable.

5. Identification et définition des services fournis par les écosystèmes des zones arides et désertiques

5.1. Introduction

Ce chapitre fait le point sur l'ensemble des biens et services écosystémiques fournis par les écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques des pays de la région MENA qui soutiennent et justifient l'application de méthodes d'estimation économique pour évaluer leur pertinence. Les intérêts de ces écosystèmes, où l'élément clé est le couvert végétal naturel, sont en effet négligés dans la plupart des études. Les informations disponibles sur les services et produits fournis par ces écosystèmes restent en effet fragmentaires.

Les objectifs spécifiques de ce chapitre sont les suivants :

- identifier les biens et services fournis par les écosystèmes des zones arides et désertiques en mettant l'accent sur ceux fournis par les plantes autochtones ;
- mettre en évidence le lien entre les biens et services fournis par les écosystèmes et les avantages socio-économiques pour les communautés locales ;
- identifier les principales contraintes et les menaces qui peuvent entraver la prestation soutenue des biens et services.

Le Millenium Ecosystem Assessment en 2005 a défini les biens et services comme étant les avantages procurés aux individus (bien être humain) et les distingue en quatre catégories : services d'approvisionnement, services de régulation, services culturels et services de soutien.

D'une façon générale, les différentes catégories de biens et services fournis par un écosystème naturel peuvent être détaillées comme suit :

- ✓ **Services d'approvisionnement (ou de prélèvement)**
 - Production pastorale (ressources fourragères naturelles)
 - Plantes Aromatiques et Médicinales
 - Bois de feu des ligneux
 - Miel
 - Chasse

- Matière première pour l'artisanat et l'industrie
- ✓ **Services de régulation (capacité à moduler dans un sens favorable à l'homme des phénomènes comme le climat par exemple)**
 - Lutte contre la désertification (ensablement)
 - Protection des bassins versants (CES et mobilisation des ressources en eau pluviales)
 - Séquestration du carbone
 - Qualité du paysage
- ✓ **Services culturels**
 - Récréation (Parcs)
 - Valorisation touristique du paysage (tourisme écologique et culturel)
 - Valorisation culturelle (Festivals, éducation et recherche scientifique)
- ✓ **Services de soutien**
 - Conservation de la biodiversité, connue et inconnue
 - refuge, ombre
 - amélioration de la fertilité du sol

5.2. Facteurs influençant les biens et services d'un écosystème

Les spécialistes considèrent que la fourniture de services écosystémiques d'un couvert végétal est sous la dépendance de la structure et de la dynamique de ce couvert qui sont influencés par des interactions complexes entre les facteurs climatiques, édaphiques et anthropozoïques.

La perte des biens et services de l'écosystème sous l'effet de stress (qui peuvent être engendrés par le changement climatique) ou de perturbations (labour, surpâturage, coupe,...) peut affecter différemment les bénéficiaires. Plusieurs espèces végétales et même animales ont été domestiquées à partir de parents sauvages qui existent encore dans leurs centres d'origine dans ces zones. Ces formes ancestrales sont, cependant, progressivement en voie de disparition sous l'effet de l'exploitation excessive des ressources.

Bien que les multiples services fournis par les écosystèmes naturels puissent être classés en différentes catégories afin de faciliter leur analyse, leur estimation, ou à des fins de communication, ils sont intrinsèquement interdépendants et interactifs, en tant que composantes d'un système naturel global, et ils interagissent de différentes manières : synergique, neutre/tolérante, conflictuelle, exclusive, etc.

De plus, dans la plupart des cas, les différents services écosystémiques sont fournis simultanément, et le bénéfice global d'un tel « groupement » de services est bien plus important que la simple somme des valeurs de chaque service pris individuellement.

5.3. Biens et services fournis par les écosystèmes arides

Les écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques fournissent une large gamme de biens et services à la société. Alors que certains d'entre eux sont **tangibles**, comme par exemple les unités fourragères, qui constituent l'alimentation de base du cheptel, les espèces ligneuses qui fournissent le bois de chauffage et de cuisson, le gibier, les plantes aromatiques et médicinales ..., et qui sont souvent les premiers qui nous viennent à l'esprit, d'autres sont **intangibles** comme la lutte contre la

désertification, la régulation des cycles de l'eau et des nutriments, la protection des bassins versants et des sols, la séquestration du carbone et l'atténuation du changement climatique, la protection et la préservation de la biodiversité. De plus, ces écosystèmes font partie de l'héritage culturel et historique des populations locales et constituent des espaces de loisirs et de détente extérieurs.

- **Alimentation du cheptel**

Outre leur rôle environnemental, les parcours naturels, qui constituent la majeure partie des écosystèmes des zones arides et désertiques, jouent un rôle primordial dans l'amélioration de la productivité du cheptel qui, à son tour, permet de satisfaire les besoins des populations locales en viande, en lait, en cuir et en laine. En plus ils permettent une augmentation des revenus des populations rurales et une amélioration de leur niveau de vie. Il en résulte une diminution du taux de chômage, de pauvreté et de l'exode rural. Il a été démontré que dans les mêmes conditions, le pastoralisme est 2 à 10 fois plus productif que l'élevage commercial des fermes. Toutefois la valeur de la production pastorale peut être souvent fortement sous estimée dans la mesure où un fort pourcentage du commerce passe en-dehors des circuits officiels. Le développement économique et social d'une région est subordonné à une gestion tant raisonnée que rationnelle de son environnement physique, biologique et socio-économique.

- **Valorisation des plantes aromatiques et médicinales**

La région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) englobe les grands centres de diversité biologique d'importance mondiale et dont un grand nombre de plantes qui sont considérées comme aromatiques et médicinales (PAM). Ces plantes qui sont utilisées dans des soins de santé (humaine et animale) et à des fins culinaires et cosmétiques sont surtout abondantes dans les zones arides et désertiques. Elles sont de plus en plus recherchées par les industries pharmaceutiques aux niveaux international, régional et national et offrent de ce fait des opportunités réelles pour le développement socio-économique des zones difficiles où elles sont les plus dominantes. Au niveau des zones arides et désertiques, les PAMs sont, en effet, en mesure de réduire la pauvreté rurale en raison de leur plus grande efficacité d'utilisation de l'eau et de leur rentabilité économique plus élevée comparativement aux cultures traditionnelles. De plus, les produits des PAMs fournissent diverses opportunités d'emploi.

- **Promotion de l'artisanat**

Les activités artisanales au niveau des pays de la région MENA sont très diversifiées et permettent d'assurer la génération de revenus pour les ménages. L'artisanat de tissage et de tapisserie, qui est une activité fort valorisante des produits de l'élevage, trouve dans cette région des facteurs bien favorables en raison de l'abondance de matières premières (essentiellement la laine...), ce qui nécessite la mise en place de filières de formation professionnelle, pour répondre à des demandes spécifiques et pointues en la matière. Par ailleurs, il ya lieu de mentionner que certaines plantes spontanées constituent la matière première à la fois de plusieurs activités artisanales que d'industries modernes. L'exemple le plus évident à ce propos est celui de *Stippa tenacissima* qui est très commune et très valorisée au niveau des pays de l'Afrique du Nord mais qui d'après certaines études GIZ (2014) est très vulnérable au changement climatique.

- **Production de truffes**

Plusieurs micro-organismes sont associés aux végétaux supérieurs dans le cadre de symbioses favorisant leur installation et améliorant nettement leur production dans des conditions difficiles.

Parmi les micro-organismes les plus intéressants sur les plans économiques et écologiques figurent les truffes du désert localement appelés terfess. Il s'agit de champignons Ascomycètes à croissance hypogée dépendant d'une association symbiotique spécifique avec les racines de plantes hôtes. L'aire de leur répartition se situe dans les zones semi-arides à arides ou même à climat subsaharien de l'ensemble des pays de la région.

La production truffière présente un intérêt économique et social de premier ordre pour les populations locales des régions désertiques. Les retombées positives de la récolte des corps fructifères de ce champignon viennent du fait que l'accès à ce produit est libre, que sa récolte et sa commercialisation font profiter une large proportion des couches sociales les plus démunies. Aussi, l'exportation d'une grande partie des truffes récoltées vers l'Europe et les pays du Golfe, représente une source d'entrée d'importantes sommes de devises.

- **Promotion du tourisme pastoral**

Malgré la monotonie apparente et la marginalité de la zone et son enclavement, malgré le déficit assez marqué des infrastructures d'accueil et d'animation, les écosystèmes arides et désertiques ne manquent pas d'attraits. La vie des transhumants, sous tente, et les paysages pittoresques de ces écosystèmes peuvent constituer un atout original.

- **Développement de la chasse**

Les écosystèmes arides et désertiques sont déjà connus par l'importance des réserves de chasse étant donné qu'ils constituent les biotopes privilégiés de plusieurs espèces de la faune sauvage (gazelle, houbara...). Une telle filière peut être développée et mise à profit pour améliorer le niveau de vie des populations. L'élevage artificiel et le lâchage de l'Outarde houbara ce gibier noble et menacée d'extinction serait très attractif d'une clientèle particulière des pays du Golfe. D'autres espèces rares des zones arides et sahariennes dont certaines ont disparu ou sont en voie de l'être, peuvent être réintroduites et faire l'objet du même processus de réhabilitation.

- **Valorisation des produits locaux**

La promotion de filières des produits locaux notamment la viande de chameau et le lait de chamelle (y compris pour la fabrication du fromage) avec un label spécifique pourrait susciter un marché porteur, notamment au niveau des grandes agglomérations urbaines, pour des produits de qualité répondant à des exigences de traçabilité et qui profiteraient à une certaine catégorie d'éleveurs intéressés par une meilleure valorisation des produits de leurs élevages. Dans ce cadre, des contrats de production respectant un cahier des charges et des normes de qualité et de traçabilité des produits pourraient être passés entre les différents acteurs d'une telle filière.

- **Préservation de la diversité biologique**

Les actions multiples d'aménagement de CES, de lutte contre l'ensablement et notamment d'amélioration et de conservation pastorales et le développement de parcs nationaux au niveau de ces zones auront un impact perceptible sur l'amélioration de l'état de la biodiversité végétale et animale.

6. Analyse de la résilience, résistance, capacité d'adaptation et des points de basculement ou seuil écologique des écosystèmes face au changement climatique

6.1. Le climat et les effets de ses variations sur les plantes et les formations végétales

Le climat, qui se constate sur le long terme et sur des étendus très larges, détermine en grande partie les aires de répartition de la faune et de la flore. Les régressions/transgressions sont un moteur de la spéciation que l'outil génétique permet aujourd'hui de mettre en évidence (phylogénie). L'échelle individu, voire même population, est davantage concernée par les variations météorologiques alors que les échelles écosystème/aire de répartition sont plutôt concernées par les variations climatiques.

D'après Sordello et *al.*(2014) les espèces réagissent au CC selon trois axes de leur niche écologique:

- ajustement interne (physiologie/comportement),
- ajustement temporel (phénologie),
- ajustement spatial (aire de répartition) en adaptant leur répartition en latitude et en altitude.

La température et son influence sur les déplacements des végétaux

Selon les mêmes auteurs, chaque espèce végétale est caractérisée par un optimum thermique qui convient à son développement et à sa croissance en un moment donné et cette température idéale se trouve à l'intérieur d'un intervalle de tolérance plus ou moins grand selon que les plantes sont eurhythmes (qui supportent un large écart de température) ou sténothermes (qui ne supportent pas de fortes variations de température).

Etant fixes (au niveau de l'individu), les végétaux vont utiliser des ajustements morphologiques et physiologiques pour s'adapter aux conditions de stress en réduisant leur métabolisme, en entrant en dormance ou encore en passant la mauvaise saison à l'état de graines. Chez la flore, les flux se font principalement par transport de propagules émis par les individus fixes : grains de pollens, semences.

Le transport est assuré principalement par le vent ou par un vecteur animal, dans le cadre d'une relation mutualiste entre une plante et un insecte par exemple. Il s'avère ainsi que les variations de température peuvent agir sur ces transports.

La pluviométrie et son influence sur les déplacements des végétaux

L'impact de la pluviométrie sur les déplacements des végétaux est moins intuitif et est moins abordé dans la littérature. Néanmoins, on peut évoquer les conséquences de la pluviométrie sur la dispersion du pollen et la dissémination des graines lorsque celles-ci se font par vecteur aquatique (respectivement hydrogamie et hydrochorie) (Sordello et *al.*, 2014).

6.2. Les Facteurs anthropozoïques de vulnérabilité des écosystèmes forestiers désertiques ; Principales causes et conséquences de la dégradation du couvert végétal naturel

Dans les zones arides du MENA, la dégradation du couvert végétal naturel est un phénomène qui a pris de l'ampleur depuis longtemps. Les facteurs de rupture de l'équilibre de l'écosystème sont très nombreux. Déjà, les conditions climatiques, lorsqu'elles varient significativement par rapport à la moyenne, peuvent entraîner la régression du couvert végétal qui se trouve affaibli et soumis à

l'influence d'autres facteurs de dégradation. Mais ces conditions ne constituent pas le principal facteur de dégradation du couvert végétal. En effet, c'est l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles qui a fortement influencé la dynamique de la végétation dans ces milieux arides. Les méfaits d'une telle mauvaise utilisation continuent donc à se généraliser et vont en s'aggravant avec la régression des sols les plus vulnérables sous l'effet de l'extension des cultures, la réduction des meilleures terres à pâturage et l'accroissement de l'effectif du cheptel.

D'après Le Houérou (1996), des terres appartenant aux étages bioclimatiques aride et semi-aride et qui, pour une raison ou une autre, n'ont subi aucune agression humaine ou animale, n'ont montré aucun signe de dégradation ou de désertification.

La désertification ne peut pas donc être attribuée aux conditions climatiques seules. Il a été, en effet, convenu (UNCOD, 1977) que la désertification est le résultat d'une conjugaison des effets de la sécheresse et de la mauvaise gestion des terres.

La désertification est causée principalement par la surexploitation des terres, mais les conditions climatiques défavorables y compris la sécheresse, peuvent déclencher ou accélérer le phénomène. L'emprise humaine sur le couvert végétal naturel dans ces zones se manifeste de différentes manières comme suit:

6.2.1. la dégradation sous l'influence de l'extension des cultures

La sédentarisation d'une partie de plus en plus croissante de la population et le désir de cette population de subvenir à ses propres besoins en aliments de subsistance et à s'approprier des terres autrefois collectives ont conduit à une extension de l'agriculture au détriment des meilleures zones pastorales dont la végétation naturelle est détruite par des moyens mécaniques de plus en plus puissants. De fait, l'extension de la céréaliculture est sujette à de très fortes fluctuations interannuelles. Le défrichement s'accroît surtout durant les années favorables du point de vue de la pluviosité et concerne des régions de plus en plus sèches ou marginales.

Outre ses effets sur le milieu physique, par en particulier l'amplification des agressions de l'érosion, surtout dans les situations les plus vulnérables (sol sableux ou en pente), le défrichement conduit à l'arrachage des espèces vivaces et à leur remplacement par des plantes adventives annuelles de faible valeur pastorale et de faible production (production liée au régime pluvial et peu étalée dans le temps) et par conséquent de faible potentiel de séquestration de carbone.

6.2.2- la dégradation sous l'influence du surpâturage

Dans les zones arides du MENA, l'élevage a constitué de tout temps une activité de première importance dans le monde rural. Dans l'ensemble de ces pays, le bilan fourrager dégage un déficit de plus en plus important et le taux de couverture des besoins alimentaires du cheptel par l'apport des parcours est très faible. Le surpâturage est inévitable dans un contexte où à la fois le cheptel s'accroît et la superficie des parcours est de plus en plus restreinte et réduite en qualité.

Cette surcharge animale se traduit par:

- un changement de l'hétérogénéité spatiale de la végétation ;
- la réduction du couvert végétal des espèces pérennes;
- la raréfaction des espèces appréciées qui sont sélectivement éliminées;
- le développement et l'extension des espèces inaltérables (toxiques, épineuses,...) qui tendent à occuper la place précédemment occupée par des espèces de bonne valeur pastorale;

- le piétinement et le tassement du sol et une réduction de sa perméabilité et par conséquent de ses réserves hydriques et l'augmentation corrélative du ruissellement.

D'après certains auteurs, les modifications floristiques des écosystèmes pastoraux des régions arides et désertiques, sous l'effet de la pression animale accentuée par la sécheresse affectent essentiellement les herbacées à ligneux bas. L'effet du surpâturage peut également se traduire par la dominance des espèces délaissées par l'animal. Ces dernières, même si elles n'ont pas un intérêt pastoral, peuvent avoir un rôle environnemental (fixation de sol, séquestration de carbone,..) et économique (aromatique et médicinale) non négligeables. Des recherches scientifiques récentes ont, en effet, permis de mettre en évidence l'intérêt particulier de ces espèces en médecine comme en cosmétique ou pour en extraire des pesticides pouvant servir pour la lutte biologique contre les ravageurs.

6.2.3- la dégradation sous l'influence de l'éradication des espèces ligneuses

Le prélèvement de produits ligneux provoque également une dégradation de la végétation naturelle. Ce prélèvement qui est effectué à des fins multiples (chauffage; cuisson, clôture, enclos d'animaux domestiques, artisanat, utilisation médicinale ...) concerne pour les espèces ligneuses (et surtout celles les plus productrices de bois) des individus de plus en plus petits. La dégradation engendrée par ce phénomène peut être soit diffuse sur toute la surface du territoire, les plantes étant arrachées çà et là par des habitants, soit concentrée au voisinage des habitations permanentes.

6.2.4- Erosion suite à la dégradation de la végétation

Il est parfois difficile de faire la part des trois facteurs qui sont à l'origine de la dégradation quantitative et qualitative de la couverture végétale. Mais si pour une raison ou une autre, le couvert végétal est détruit, la partie supérieure du sol est soumise à l'érosion éolienne et hydrique. Le processus de dégradation du milieu physique ne se stabilise que lorsqu'une couche plus compacte du sol est atteinte. Il en résulte que la pénétration de l'eau dans le sol est considérablement réduite. Les espèces pérennes qui ont résisté à ce processus ont du mal à survivre et, d'une façon générale, annuelles et pérennes ont du mal à germer.

Enfin, il y a lieu de mentionner que compte tenu des cycles d'années sèches et pluvieuses qui sont la règle en zone aride, l'évolution régressive de la couverture végétale n'est pas uniforme et on peut assister durant les années exceptionnellement pluvieuses à une remontée biologique conjoncturelle, mais l'allure globale à moyen terme de cette régression est croissante.

7. Approches d'analyse de la vulnérabilité au CC des écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA

7.1. Introduction

Pour analyser les approches de vulnérabilité au CC des écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA, nous nous sommes référés aux définitions et aux concepts suivants :

- Le concept de vulnérabilité examine à la fois la nature des perturbations/impacts, leurs conséquences probables et la capacité des systèmes (humains ou écologiques) à réagir aux changements ou à l'altération des conditions environnementales (Lacambra Segura, 2011).

- La vulnérabilité est le degré auquel un système est susceptible, ou incapable de faire face aux effets néfastes du CC. La vulnérabilité d'un système est fonction de la nature, de l'ampleur, et du taux de changement climatique, et du niveau d'exposition au risque, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation de ce système (World Bank, 2012)
- La vulnérabilité augmente à mesure que l'ampleur de l'exposition au changement climatique ou la sensibilité augmente, et diminue à mesure que la capacité d'adaptation augmente (GIEC, 2007).
- Les méthodes et les outils d'évaluation de la vulnérabilité sont aussi variés que les définitions et les cadres de vulnérabilité. Dans ce qui suit nous présentons certaines approches adoptées pour l'analyse de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers des zones arides.

7.2. Méthodes et outils d'évaluation de la vulnérabilité

Dans une étude visant à évaluer l'impact du CC sur la vulnérabilité de trois plantes très communes dans les écosystèmes arides de la région WANA (*Salsola vermiculata*, *Haloxylon salicornicum* et *H. schmittianum*), Ouled Belgacem & Louhaichi (2013) ont procédé à la modélisation de la distribution géographique actuelle et future de ces espèces en se basant sur le concept de niche écologique (Phillips et al., 2006), qui met en relation la présence de l'espèce avec les paramètres environnementaux comme celle d'entropie maximale (MaxEnt). Les informations saisies sont composées des données d'occurrence des espèces et de données environnementales qui comprennent huit couches climatiques (la température annuelle moyenne, la température minimale du mois le plus froid, la température maximale du mois le plus chaud, la température des variations saisonnières, les précipitations annuelles moyennes, les précipitations du mois le plus pluvieux, les précipitations du mois le plus sec et les précipitations des variations saisonnières), trois couches de propriété du sol (la texture, la profondeur et la salinité), en plus de la couche d'altitude. Etant donné que les paramètres environnementaux ne permettent d'évaluer à elles seules la sensibilité des espèces cibles au CC, une couche de pression de pâturage a été utilisée pour évaluer la vulnérabilité de ces espèces. Cette étude a montré que se sont surtout les espèces les plus palatables, tels que *S. vermiculata* qui sont les plus vulnérables au CC ; une vulnérabilité qui se traduit par la diminution prédictible de leurs aires d'extension. Cependant, les espèces faiblement appréciées et de larges niches écologiques (*Haloxylon salicornicum* et *H. schmittianum*) seront avantagées en raison de la réduction de la concurrence pour l'eau et les nutriments.

Ces auteurs ont conclu que toute stratégie d'adaptation visant à augmenter la résilience des espèces les plus vulnérables devrait s'appuyer sur une meilleure gestion des terres à pâturage et la mise en place d'autres mesures d'atténuation.

Dans une étude réalisée par Gbesso et al. (2013) en vue d'évaluer l'influence du CC sur la distribution spatiale de *Chrysophyllum albidum* au Bénin moyennant une modélisation de la distribution géographique actuelle et future de cette espèce basée sur le principe d'entropie maximale (MaxEnt) qui a été faite à partir des variables bioclimatiques et des points de présence de l'espèce et en utilisant deux modèles climatiques (HadCM3 et CSIRO) sous le scénario A2 pour la prédiction de la distribution de l'espèce à l'horizon 2050, il a été démontré que la prédiction de l'aire de répartition de cette espèce sous l'effet du changement climatique est tributaire du modèle climatique utilisé puisque le modèle CSIRO prédit une augmentation considérable de près de 76,

02% environ des aires actuellement très favorables à l'espèce alors que le modèle HadCM3 ne prévoit qu'une augmentation de 16,27% de ces aires.

Dans une synthèse qui a porté sur l'impact des CC sur la végétation, Le Houérou (1993) considère que ce phénomène se traduira par :

- un déplacement des zones écoclimatiques en altitude et en latitude, avec une translation de la zone hyper-aride vers la zone aride, de celle-ci vers la zone semi-aride et de cette dernière vers la zone sub-humide, suite à la péjoration du quotient pluvio-évapotranspiratoire ;
- un déplacement en altitude et en latitude des zones thermiques de végétation, respectivement de 545m et 545km, en fonction des gradients moyens de température connus.

7.3. Avantages et inconvénients des différentes approches : limites et incertitudes

L'analyse simpliste basée sur la transgression/ régression latitudinale et altitudinale des lignes de végétation sous les effets du changement climatique qui pourrait être valable au déplacement des étages climatiques ne sert pas forcément pour prévoir la distribution géographique future des végétaux, et par conséquent la vulnérabilité des écosystèmes, , puisque les effets du CC sont et seront complexes et propres à chaque espèce.

Ces mouvements peuvent en effet se traduire soit par une extension soit par un recul des aires de répartition, selon que les espèces sont ou non favorisées par le nouveau climat plus chaud et plus sec. L'aire de répartition peut aussi rester stable en surface absolue, tout en se décalant géographiquement vers d'autres latitudes et altitudes. C'est ainsi que certaines espèces s'étendent sous l'effet d'un climat plus chaud et plus sec vers le Nord et en altitude.

Chez les espèces les moins « mobiles », c'est-à-dire dont l'adaptation spatiale est en dessous de ce qu'il faudrait pour suivre l'évolution du climat, la rapidité de la vitesse du CC pourrait provoquer un effet retard.

Selon SORDELLO *et al.* (2014), le déplacement des espèces dans le futur va continuer, majoritairement pour les espèces généralistes et « mobiles » alors que les espèces spécialistes, « sédentaires » et de faibles aires de répartitions vont probablement être amenées à s'adapter ou disparaître localement. **En définitive, il faut donc s'attendre à une recomposition des communautés d'espèces plus qu'à une translation des écosystèmes tel que l'on prédit aujourd'hui.**

En conséquence, il y a lieu de dire que même s'il est difficile d'anticiper sur le fonctionnement de ces futurs écosystèmes, il est fort probable que cette recomposition, avec des espèces plus généralistes, va accentuer le processus de simplification et induire une diminution des rendements écosystémiques à long terme.

Lenoir *et al.* (2014) qui ont mis en évidence la multiplicité des cas de figure dans l'évolution des aires de répartition des espèces sous l'effet du CC proposent une typologie en 6 classes, distinguant par exemple expansion, glissement, contraction ou encore extinction.

Cette multiplicité est imposée par les différents cribles environnementaux et écologiques qui impactent la répartition des espèces et contraignent celles-ci via des processus écologiques. Les différentes composantes des changements globaux vont vraisemblablement affecter chacun de ces

processus ce qui complique davantage les cas de figure. Les échelles d'action de ces cribles ont été schématisées par Morin (2006) dans la figure 10.

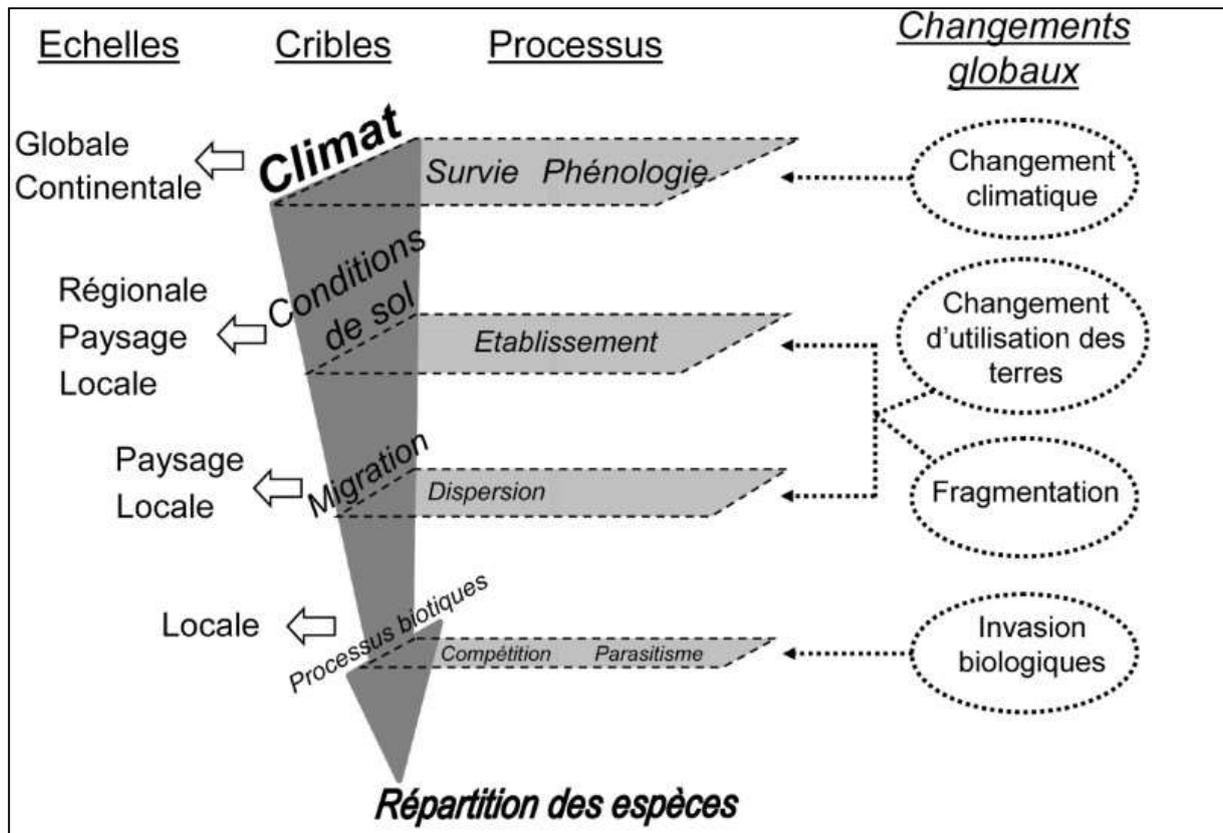


Figure 10. Échelles d'action du changement climatique par rapport à l'ensemble des changements globaux.

7.4. Méthode adéquate d'analyse de la vulnérabilité des écosystèmes aride vis-à-vis du CC

Le logiciel de modélisation de la distribution des espèces MaxEnt (entropie maximale) peut être considéré comme le modèle le plus approprié. Il a été mis en place selon une approche statistique qui permet de caractériser la probabilité de distribution à partir d'informations incomplètes (Phillips et al., 2006). D'après ces auteurs, le modèle Maxent présente plusieurs avantages comparativement à d'autres approches de modélisation :

- 1) le modèle Maxent exige seulement les données de présence, ainsi que l'information environnementale pour la zone d'étude,
- 2) les données d'occurrence pourraient représenter un échantillon incomplet d'une probabilité de distribution empirique,
- 3) la distribution inconnue pourrait être estimée d'une façon plus appropriée comme la distribution avec l'entropie maximale soumise à des contraintes imposées par les variables environnementales,
- 4) la distribution d'entropie maximale détermine d'une façon approximative la répartition géographique potentielle de l'espèce.

Par ailleurs, il y a lieu de noter que Maxent est relativement insensible aux erreurs spatiales associées à des données de localisation, nécessite peu d'emplacements pour construire des modèles utiles, et est plus performant que d'autres approches de présence seule de modélisation (Baldwin, 2009).

La vulnérabilité n'est cependant pas un élément facilement quantifiable ou réductible à une seule unité de mesure, et varie souvent en fonction de la composante de vulnérabilité évaluée ou de la perspective de l'évaluation (Lacambra Segura, 2011). Le fait d'axer l'étude de la vulnérabilité d'un système uniquement sur les facteurs de stress et de perturbation ne permet pas de prédire réellement ses réactions potentielles. Les interconnexions entre ces moteurs et leurs réactions sont en effet très importantes à considérer. De plus, d'après cet auteur, le système ne réagira pas de la même manière selon qu'il s'agit d'un événement ponctuel (incendie, sécheresse épisodique, ...) ou d'un événement constant (augmentation de la température).

Les évaluations de la vulnérabilité s'avèrent donc être plus utiles au niveau infranational et local puisque d'après les mêmes auteurs, une évaluation régionale de la vulnérabilité basée sur des informations régionales déterminerait des tendances plutôt que des moteurs de vulnérabilité. De telles tendances sont toutefois indispensables pour établir des évaluations plus détaillées et générer des informations plus précises.

7.5. Conditions d'application de la méthode adéquate d'analyse de la vulnérabilité / Pré-requis

Le manque d'informations représente un vrai défi pour prédire la vulnérabilité des écosystèmes des zones arides au CC aussi bien au niveau local qu'au niveau régional. A ce problème s'ajoute celui de l'inexactitude des données et des informations concernant les prévisions météorologiques et climatiques.

Les conditions suivantes synthétisent les points clés à considérer afin d'évaluer de la façon la plus précise possible la vulnérabilité au changement climatique des écosystèmes forestiers désertiques:

- Il est important de clarifier si l'objectif de l'évaluation de la vulnérabilité est d'identifier les moteurs de vulnérabilité afin de renforcer les capacités dans la région ou d'identifier la manière dont les écosystèmes sont susceptibles de réagir au CC.
- Il est nécessaire de rassembler davantage d'informations au niveau local, étant donné qu'une évaluation régionale de la vulnérabilité basée sur des informations régionales déterminerait des tendances plutôt que des moteurs de vulnérabilité. Plusieurs sources d'informations pourraient être utilisées, notamment en ce qui concerne les données difficilement disponibles, à travers l'implication d'autres partenaires (populations locales, institutions et organisations nationales, régionales et mondiales) par le biais d'ateliers, du partage d'informations et d'autres approches participatives. L'approche CVCA est en effet préconisable.
- Il est important d'identifier la manière dont les systèmes sociaux et écologiques réagissent aux facteurs de stress liés au climat à l'heure actuelle ainsi que les unités d'exposition, et le degré d'adaptation.
- Concernant l'échelle d'évaluation, le problème majeur lié à l'agrégation des informations au niveau national et régional correspond au fait que les informations sont homogénéisées et ne reflètent pas la vulnérabilité réelle, et des poches ou des « points chauds » de la vulnérabilité

peuvent être occultés. Par conséquent, il est essentiel, quelque soit le degré d'évaluation, d'identifier des aires critiques dans lesquelles la vulnérabilité locale est plus importante par rapport à d'autres aires. Au niveau des écosystèmes désertiques, l'évaluation de la vulnérabilité doit être effectuée à des échelles micro, méso et macro-écologiques de différents secteurs écologiques.

- Pour maximiser la fiabilité du concept de niche écologique, basé sur le principe d'entropie maximale (MaxEnt) et permettant d'évaluer la vulnérabilité des espèces au changement climatique, et réussir la modélisation de leur distribution géographique actuelle et future, il est nécessaire de disposer des données les plus complètes sur leurs exigences écologiques et leurs limites de tolérance aux différents stress et perturbations.
- Les paramètres environnementaux à mettre en relation avec la présence de l'espèce sous l'effet de différents scénarii doivent être prédits à partir de divers modèles climatiques. L'importance des modèles climatiques dans la compréhension de la vulnérabilité des écosystèmes a été en effet soulignée par Lacambra Segura (2011) qui considère que l'utilisation de scénarios futurs ou antérieurs est importante dans la compréhension de la manière dont les moteurs de vulnérabilité évoluent à travers le temps et/ou dont l'évolution d'un moteur modifie ou non la vulnérabilité générale.
- Les variables choisies et les indicateurs sélectionnés devraient être identifiés de manière à permettre la réalisation d'évaluations périodiques de la vulnérabilité.
- Une évaluation de départ est nécessaire afin d'identifier les sources de vulnérabilité. Il devrait s'agir d'une évaluation quantitative pour permettre les comparaisons dans le temps et l'espace, et afin d'être reproductible et éventuellement applicable au niveau local et régional.

Afin d'effectuer une analyse holistique de la vulnérabilité au CC, de PERTHUIS (2010) a établi un manuel spécifique qui décrit une méthode procurant un cadre participatif d'analyse de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation au CC au niveau communautaire (CVCA). Cette méthode donne la priorité aux connaissances locales des risques climatiques et aux stratégies d'adaptation lors de la collecte des données et du processus d'analyse. Les exercices participatifs et les débats qui en résultent offrent la possibilité de relier les connaissances communautaires aux informations scientifiques disponibles en matière de changement climatique. Ainsi les acteurs locaux seront en mesure de comprendre l'impact du changement climatique sur leurs moyens de subsistance, ce qui leur permet de mieux analyser les risques et de planifier les adaptations nécessaires.

Le manuel propose des questions de réflexion qui aident à analyser les informations recueillies au niveau national, local et domestique/individuel. Il est conçu pour enrichir et renforcer la planification en fournissant des informations essentielles et spécifiques sur le CC et la vulnérabilité locale.

7.6. Conclusion

L'analyse synthétique des approches de la vulnérabilité au CC des écosystèmes forestiers des zones arides de la région MENA montre que, à quelques exceptions près (Ferchichi, 2013 ; GIZ, 2014...), les études effectuées ne se sont intéressées que partiellement aux capacités d'adaptation et d'atténuation des CC par les écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques.

Tous les scénarios de projection climatique indiquent que la région WANA sera exposée à trois principaux dangers imposés par le changement climatique: (i) des précipitations plus faibles et des

périodes de sécheresse plus longues ; (ii) des températures plus élevées (iii) et des événements météorologiques extrêmes et imprédictibles. La vulnérabilité à chacun de ces risques varie selon les pays, en fonction de la situation socio-économique et le niveau de développement technologique.

Dans de telles situations, de nombreuses espèces pastorales qui ne parviennent pas à s'adapter pourraient être perdues. Ceci est lié à la capacité d'une espèce à migrer, à s'adapter à son emplacement actuel, et à sa plasticité/ vulnérabilité et aux sous-facteurs associés. Par exemple, la capacité de se déplacer impliquerait l'efficacité des mécanismes de dissémination des semences (la dispersion des graines, la taille des graines, la distance de dispersion) et les stratégies germinatives de celles-ci, la longueur de la phase juvénile (âge à la reproduction) ainsi que de la spécificité et de la disponibilité de l'habitat. Les deux derniers paramètres sont influencés par la fragmentation et l'isolement. La capacité d'adaptation en place serait une fonction de la diversité génétique, de la taille de la population, de la fécondité et des flux de gènes entre les populations. La plasticité est une conséquence de la résilience de l'espèce et de la capacité tampon de l'environnement (Johnston et al., 2010).

Il est certes difficile d'anticiper avec certitudes sur la composition et le fonctionnement des futurs écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques, mais il est fort probable que cette recomposition, avec des espèces plus généralistes, va accentuer le processus de simplification et induire une diminution des rendements écosystémiques à long terme.

8. Pratiques durables favorisant la séquestration du Carbone : leviers permettant d'augmenter la résilience des écosystèmes face au CC

8.1. Introduction

Les pratiques et les politiques nécessaires à l'amélioration du potentiel d'adaptation des écosystèmes forestiers des zones arides vont généralement en pair avec le concept de gestion durable de ces zones qui est pleinement justifié indépendamment du changement climatique étant donné que ces zones sont déjà très touchées par la désertification. Avec l'adaptation comme un sujet principal pour bénéficier du financement auprès des instances financières internationales, le défi de la gestion de ces écosystèmes au CC peut servir de catalyseur pour leur développement durable. L'accent devrait être mis sur les multiples usages de ces écosystèmes et sur la production de biens et de services pour répondre aux besoins actuels et pour assurer en même temps leur disponibilité et leur contribution continue à long terme.

Cependant, au-delà de la sécurisation de bonnes pratiques dans la gestion de ces écosystèmes comme une première étape, les projections sur le CC et les impacts associés peuvent nécessiter des décisions de gestion différentes des pratiques actuelles et les objectifs de gestion peuvent être révisés. Alors que la gestion durable est toujours un exercice de planification, la planification de l'adaptation au CC nécessite une plus grande anticipation de nouveaux risques en vue de leur réduction systématique et une prédisposition de la part de tous les acteurs (planificateurs, décideurs, usagers..) à la réaffectation des ressources disponibles au niveau de ces écosystèmes. Le concept de « mise en valeur » des écosystèmes arides doit être élargie de façon à inclure tous les biens et services que ces écosystèmes sont susceptibles de fournir y compris leur potentiel de séquestration de carbone qui sont loin d'être négligeables.

8.2. Atouts et particularités des écosystèmes des zones arides et désertiques dans la séquestration du carbone

Les systèmes pastoraux ont un rôle majeur à jouer dans l'atténuation des changements climatiques et, surtout, à soutenir l'adaptation et la réduction de la vulnérabilité. Dans le MENA, les systèmes pastoraux occupant les zones arides, accueillent une part importante de la population et ont un taux plus élevé de désertification que les autres utilisations des terres. La dégradation des parcours affecte négativement l'accumulation de carbone dans les sols.

Quelle que soit la zone écologique, le surpâturage est la principale cause de dégradation du couvert végétal naturel, mais les mécanismes et leurs effets varient considérablement. Dans les zones arides il provoque principalement la réduction de la couverture du sol, l'érosion ultérieure (par le vent ou l'eau) et la désertification. Si une priorité doit être établie, elle serait pour les pâturages des zones arides qui constituent le meilleur gage de lutte contre la désertification et l'érosion.

Le moyen technique pour réaliser cela est d'augmenter la couverture du sol et la protection par une biomasse de surface et d'ancrer cette biomasse par un système racinaire bien développé. L'une des principales solutions utilisées dans la gestion des pâturages est le contrôle de la pâture (intensité, fréquence, caractère saisonnier). D'autres solutions reposent principalement sur l'amélioration du fonctionnement hydrique du sol et le réajustement de la composition floristique du couvert végétal naturel au niveau de ces écosystèmes.

Toutes ces solutions augmentent considérablement la séquestration du carbone, vu que les parcours peuvent emmagasiner des quantités très élevées de carbone sous une forme très stable. L'augmentation du rendement associé peut aussi être très importante (x 2 ou 3).

D'autres facteurs de gestion, peuvent être plus difficiles à appliquer à cause des aspects sociaux.

Ainsi, l'amélioration des pâturages et la gestion des parcours contribueraient à la restauration du puits de carbone du sol tout en améliorant les moyens d'existence basés sur l'élevage. Cette amélioration peut être assurée à travers le renforcement ciblé des capacités et des incitations efficaces pour améliorer la gestion de ces écosystèmes fragiles, soutenue par des politiques qui répondent aux dimensions naturelles et sociales, et des mécanismes de financement qui permettent la participation de l'ensemble des parties prenantes.

Compte tenu de la vaste étendue des terres à pâturages au niveau de la région MENA et la nature dégradée de vastes zones de ces systèmes, le potentiel de séquestration du carbone par l'amélioration de la gestion et l'adoption de techniques efficaces de restauration / réhabilitation/ réaffectation est très important. Ces pratiques de gestion comprennent la restauration de la matière organique des sols, la réduction de l'érosion et la réduction des pertes résultant de la dégradation et du surpâturage. La capacité de séquestration du carbone dépend de la zone climatique et de l'état de santé de l'écosystème pastoral. En effet, d'après la FAO (2006), il y a un grand potentiel pour la séquestration du carbone dans les zones arides qui sont maintenant loin de la saturation. Lal (2004) estime que la séquestration de carbone dans les écosystèmes des zones arides pourrait atteindre environ 1 milliard de tonnes de carbone par an.

La multifonctionnalité des parcours (activités d'artisanat, valorisation des plantes médicinales, tourisme pastoral et écologiques, chasse *etc.*), leurs avantages environnementaux à moyen et à long terme (séquestration de carbone, lutte contre la désertification, conservation de la biodiversité, *etc.*) ainsi que leurs avantages sociaux sont autant de facteurs qui doivent être pris en compte dans le

calcul de la rentabilité des méthodes de gestion et des aménagements proposées. Les avantages des méthodes de restauration/ réhabilitation des écosystèmes des zones arides et désertiques, ne doivent pas, donc, être considérés uniquement en terme d'amélioration de leur productivité en UF mais aussi en terme de préservation du patrimoine phylogénétique, de prévention et de réduction de la dégradation des terres et/ou la réhabilitation des terres dégradées, de l'amélioration de leur potentiel de séquestration de carbone... .

8.3. Pratiques durables favorisant la séquestration du carbone au niveau des écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques

Toute pratique d'amélioration pastorale dans les zones arides et désertiques de la région MENA doit prendre en considération les particularités de ces écosystèmes qui découlent d'une aridité climatique extrême et de conditions édaphiques très difficiles (sols xériques très pauvres, zones ensablées...). La particularité du statut foncier de ces parcours à usage collectif et leur éloignement (disjonction entre l'espace et les usagers) sont également des facteurs à prendre en compte.

La réhabilitation des écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques de la région MENA doit permettre d'atteindre à la fois des objectifs socio-économiques (améliorer le niveau de vie de la population rurale et préserver la société pastorale, accroissement de la production pastorale et par voie de conséquence de la production animale, développement des biens et services, autre que pastoral, fournis par ces écosystèmes) et environnementaux (amélioration de la capacité de séquestration de carbone, conservation de la biodiversité, lutte contre la désertification,...)

De tels objectifs ne peuvent être atteints qu'à travers une approche globale et intégrée basée sur la multifonctionnalité de ces écosystèmes.

Compte tenu de l'état de dégradation atteint par les écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques, de la pression humaine et animale qui continue à s'y exercer et de l'aridification continue du climat, la reconstitution du couvert végétal naturel, au niveau de ces zones, ne peut être assurée qu'à travers le recours à des techniques sophistiquées d'aménagement (restauration/ réhabilitation) et de gestion durable des terres.

Plusieurs techniques se sont, en effet, avérées efficaces pour la réhabilitation/restauration des parcours puisqu'elles peuvent souvent faire progresser la production primaire dans des proportions considérables.

La reconstitution d'un couvert végétal productif peut, en effet, être assurée par deux voies :

- des mécanismes naturels de régénération (période de repos) et de gestion adéquate (rotation, pâturage différé, limitation de charge ...);
- des techniques sophistiquées de réhabilitation/restauration.

Ci-après, nous présentons les principales techniques permettant une évolution provoquée de la végétation pastorale et un ajustement de sa composition floristique.

8.3.1. La mise en défens (restauration)

La biologie de la conservation est née dans le contexte du corps de doctrine élaboré dans les années soixante par quelques grands rénovateurs de l'écologie, en particulier Hutchinson et McArthur (1959 *in* Blondel, 1995). Elle a deux objectifs : le premier est d'évaluer l'impact de la pression anthropique sur les ressources naturelles et le second, de développer des solutions pratiques et appropriées pour éviter l'érosion génétique, ainsi que pour lutter contre la dégradation des écosystèmes (Primack,

1993 ; Aronson et Le Floch, 1995). Cette technique repose sur le principe de laisser en repos (sans pâturage) un écosystème pour permettre au tapis végétal de se reconstituer.

Des mises en défens réalisées à diverses fins (amélioration pastorale, fixation des dunes, parcs nationaux...) dans les différents pays de la région MENA ont eu des résultats spectaculaires même dans les zones arides et prédésertiques. Elles ont permis une augmentation considérable de la couverture végétale.

Plusieurs travaux ont cependant montré que l'efficacité de cette technique varie en fonction de plusieurs facteurs qui déterminent le potentiel de régénération du milieu traité (pluviométrie, nature du sol, niveau de dégradation atteint, durée d'application de cette technique...).

Dans les endroits à potentiel de régénération élevé, une mise en défens de trop longue durée provoque le blocage de l'évolution de la végétation puisque le sol non piétiné par les troupeaux se couvre d'une pellicule de battance s'opposant à la pénétration de l'eau et des semences. De même, les plantes pérennes, non exploitées, présentent une proportion de plus en plus élevée des parties lignifiées peu appréciées.

Comme tout milieu excessivement pâturé, la plupart des types de parcours ont une vitesse de régénération rapide lors des 2 à 4 premières années de mise en repos. Cependant, cette vitesse de cicatrisation rapide est trompeuse, car en l'absence d'utilisation des ressources et de l'impact animal sur le milieu, la dynamique atteint rapidement un palier de stabilisation suivi par une régression causée par le colmatage de la surface du sol (pellicule de battance) et l'oxydation de la matière organique. Cette caractéristique de la dynamique végétale doit être prise en compte dans les modèles de gestion futurs.

La mise en repos est préconisable même dans les endroits trop surpâturés, mais où la végétation possède un dynamisme suffisant pour que la régénération soit possible. Dans les situations extrêmes de dégradation, il est inutile d'appliquer cette technique, puisque dans ces situations les semenciers font souvent défaut et/ou le sol est devenu trop superficiel. Dans de telles conditions, le recours aux techniques de scarifiage et de CES s'impose.

En tout état de cause, les mises en repos de longue durée sont à éviter non seulement pour des raisons sociales (problème d'acceptabilité par la population) mais aussi pour les considérations techniques.

8.3.2- La création de réserves fourragères arbustives (réaffectation)

Des travaux de plantation d'arbustes fourragers entrepris depuis le début du dernier siècle se sont intensifiés surtout depuis les années 1970 (*Atriplex ssp*, *Acacia ssp.*, *Cactus*...)

Ces plantations sont actuellement effectuées à de multiples fins : lutte contre l'ensablement, conservations des eaux et des sols (CES), protection des infrastructures, des cultures, des agglomérations, etc. Plusieurs auteurs ont cependant signalé les faibles taux de réussite de ces plantations en zone aride en raison d'une inadéquation entre les exigences des espèces plantées et les potentialités du milieu d'introduction. D'autres auteurs ont démontré que dans les zones recevant une pluviométrie comprise entre 150 et 200 mm, la réussite des plantations reste tributaire à leur localisation dans les situations les plus favorables (sol profond, eau de ruissellement). Or, dans ces conditions les agriculteurs considèrent comme prioritaires les cultures

vivrières, céréalières et arboricoles. Dans les situations écologiques des terres à pâturage, les espèces autochtones s'avèrent plus performantes.

Ces plantations doivent être gérées d'une façon rationnelle pour ne pas les détruire ou les garder comme réserves sur pieds (risque de dégradation dû à la sous-exploitation : lignification, oxydation). Ceci impose un compromis entre les objectifs économiques (production) et écologiques (protection).

Pour mieux garantir la durabilité et l'efficacité de ces réserves (qui peuvent être sous forme de bosquets de verdure, brise-vent, etc.), il y a lieu de prendre en considération les aspects suivants :

- choisir des espèces bien adaptées en prenant en considération l'ensemble des paramètres écologiques de la station et les conditions climatiques projetées (concept de niche écologique) ;
- accroître la diversité des peuplements en combinant des espèces aux stratégies de croissance variées (reproduction par rejets, par semences, drageonnement, différents types de photosynthèse : C4 et CAM, différentes origines phytogéographiques ...). En effet, les peuplements mixtes sont plus proches de la nature et par conséquent mieux adaptés au changement climatique;
- encourager les boisements dans un cadre partenarial; autour des centres, des agglomérations, des infrastructures hydroagricoles et des cultures. L'utilisation des espèces autochtones à usages multiples, mieux adaptés à ces conditions, est recommandée même si les espèces allochtones présentant des grandes capacités adaptatives et productives ne doivent pas être écartées ;
- utiliser les eaux non conventionnelles (salées, usées traitées...) dans l'irrigation des arbustes fourragers surtout autour des agglomérations ;
- adopter des techniques économisatrices d'eau et promouvoir les techniques d'amélioration d'un stockage plus efficace de l'eau dans le sol dans le cadre de l'ensemble de ces opérations.
- dans certaines situations (dépressions recevant un appoint d'eau par ruissellement, tout au long de certains oueds à sec), dans des conjonctures bien particulières (épisodes pluviométriques exceptionnelles qui constituent l'un des traits marquant le changement climatique) et dans des conditions écologiques bien déterminées (lorsque les semences font défaut, le stock de graines du sol est déficient ou les semenciers et graines présents n'ont pas d'intérêt pastoral), le resemis de certaines espèces particulièrement rustiques semble s'imposer.

Cette stratégie qui constitue, selon la terminologie de Le Houérou (1994a), une sorte d'«assurance contre la sécheresse», permet de compenser la régression du nomadisme et de la transhumance au niveau de la région WANA.

8.3.3. Mesures d'accompagnement des actions techniques

Afin d'augmenter les chances de réussite des techniques de restauration/réhabilitation adoptées, des mesures d'accompagnement techniques, visant à améliorer le fonctionnement hydrique du sol et l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes, sont préconisées.

• Le scarifiage (restauration/réhabilitation)

Le scarifiage est destiné à pallier les inconvénients liés à la présence d'un horizon compact ou battant à la surface du sol à savoir : mauvaise pénétration des eaux de pluie, difficultés de germination *etc.* Ses effets bénéfiques, à la fois sur la production des annuelles et sur la valeur des plantes pérennes, ont été démontrés. L'effet du scarifiage est, cependant, variable selon le type de sol, le stock de graines dans le sol, la date d'intervention, la tolérance des plantes à cette pratique, *etc.*

- **Les ouvrages anti-érosifs :**

Leur rôle consiste, entre autre, à faire profiter les plantes des eaux de ruissellement et à protéger les sols contre l'érosion hydrique (ruissellement) grâce à la construction de petits ouvrages pour arrêter les ravinements tels que : (i) les banquettes; (ii) les cordons en pierres sèches; et (iii) la consolidation des ravins par des seuils en pierres sèches et en gabions.

- **Le pâturage différé**

Cette technique repose sur le principe de faire admettre aux usagers de retarder le pâturage de quelques semaines à la suite des premières pluies de l'automne. Le pâturage des zones arrosées à la suite des averses localisées doit en effet être différé de façon à permettre un bon démarrage végétatif des plantes et par voie de conséquence d'augmenter la productivité de ces zones et de prolonger la durée de leur exploitation. La durée du "temps de récupération" des plantes peut varier de trois à six semaines et ceci en fonction de l'importance des pluies enregistrées, de l'étendue de la zone arrosée et de la date des pluies. Le démarrage végétatif au cours de la saison fraîche étant plus lent. En cas de pluies importantes, généralisées et tombant au cours de la période favorable à la croissance des végétaux, cette durée serait plus réduite.

8.4. La gestion des systèmes pastoraux

La gestion rationnelle des systèmes pastoraux signifie la maîtrise des différentes composantes du système à savoir, l'**animal**, la **végétation**, le **climat**, le **sol** et l'**homme** et surtout de comprendre la logique des interactions entre ces composantes.

Il s'agit donc de l'art d'intégration d'un ensemble de disciplines agroécologiques relatives à la **Zootecnie** à la **Botanique**, à la **Phytosociologie**, à la **Bioclimatologie**, à la **Pédologie** et à la **Sociologie** dans un souci de rationaliser l'exploitation du milieu.

Les recommandations suivantes sont formulées en vue d'assurer une meilleure gestion des systèmes agro-pastoraux.

- i. Promouvoir une gestion souple et flexible des ressources naturelles. Les éléments clés de l'adaptation de l'élevage à l'environnement aride et semi-aride des terres de parcours sont sa flexibilité de réponse aux risques climatiques et sa mobilité, toutes deux conditionnées par l'accès aux ressources qui permet notamment de bénéficier de la complémentarité qui existe entre les régions. Parmi les mesures à promouvoir on peut citer :
 - l'encouragement au déstockage de la production ;
 - l'aide à la mobilité des troupeaux ;
 - l'amélioration des circuits de commercialisation pour permettre un déstockage rapide et précoce sans provoquer un effondrement des cours de la viande.

- ii. Créer un cadre incitatif favorable au développement pastoral moyennant les mesures suivantes :
 - limiter progressivement l'extension des cultures dans les zones de parcours en renforçant la réglementation relative à la restriction de l'extension des cultures en zones fragiles ;
 - promouvoir les mesures de contrôle d'accès aux ressources plutôt que celles de contrôle du nombre des animaux et remédier à une situation où la gratuité des ressources prime.
- iii. Promouvoir des structures participatives décentralisées pour inventorier et trouver des solutions aux problèmes fonciers. La prise en compte de l'utilisation réelle du foncier et des modes d'organisation, formels et informels, des éleveurs doit contribuer à l'adoption de schémas de développement souples. Ainsi les principes suivants peuvent être énoncés :
 - -sécuriser et garantir les droits des usagers afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles ;
 - -contrôler l'accès et l'utilisation des parcours (décentralisation et organisation des éleveurs) ;
 - -introduire des redevances de pâturages gérées localement (détermination des montants et utilisation des recettes définies localement) ;
 - développer des actions intégrées en prenant en compte les dimensions économiques et sociales du développement.
- iv. Promouvoir l'approche participative pour gérer les ressources pastorales. Plus que les solutions techniques apportées aux problèmes de dégradation des parcours, c'est la participation des usagers à toutes les phases de la préparation et de la mise en place des programmes d'action qui est déterminante dans leur succès. Pour une plus grande implication des populations, les temps de préparation/réalisation des projets doivent être allongés et le renforcement des organisations pastorales réalisé préalablement à l'introduction de nouvelles technologies.
- v. Renforcer et harmoniser le suivi-évaluation. La mise en place de systèmes améliorés de collecte et d'analyse des données doit permettre notamment un suivi simplifié et continu de l'état des ressources et une évaluation de l'impact des interventions de l'Etat. Les impacts sociaux et environnementaux ne devront pas être négligés dans la conception de systèmes qui en outre devront être réalisables au sein des agences existantes et financièrement acceptables dans le long terme.
- vi. Enfin l'intégration de l'agriculture et de l'élevage dans les zones semi-arides où les précipitations et les sols sont propices à la mise en culture à la production de fourrage ou à la plantation d'arbres fruitiers est un axe prometteur d'intensification de la production et de LCD.

8.5. Approche multifonctionnelle, globale et intégrée

Les mesures techniques de restauration /réhabilitation des écosystèmes des zones arides et désertiques ci-dessus préconisées doivent être conçues dans le cadre d'une approche

multifonctionnelle, globale et intégrée. Ces mesures doivent, en effet être, consolidées par les démarches suivantes :

- i. le développement et l'amélioration de la conduite de l'élevage et de la valorisation de ses produits et sous-produits à travers des actions d'amélioration génétique du troupeau, amélioration de la santé animale (vaccination et traitements anti-parasitaires), l'introduction du concept de label pour certains produits (lait de chamelle) ,l'engraissement des chèvres et des agneaux, la réhabilitation de l'élevage du dromadaire et la mise en œuvre d'un programme de sélection en collaboration avec les établissements de recherche ;
- ii. la diversification du revenus des usagers à travers l'appui à la multifonctionnalité des parcours comportant des activités d'artisanat, de valorisation des plantes médicinales et de tourisme pastoral et écologiques, de chasse etc ;
- iii. l'organisation de la société pastorale et la vulgarisation des acquis et des bonnes pratiques avec l'appui à la création de groupements, associations ou coopératives, et l'encouragement et soutien des recherches et études concernant l'élevage et les écosystèmes pastoraux.

8.6. Autres propositions

Outre les approches classiques de restauration/ réhabilitation des milieux naturels (destinées toutes à améliorer les capacités productives du couvert végétal) et qui sont souvent très onéreuses et dont l'impact en terme de production de phytomasse reste limité surtout au niveau des milieux difficiles, un phénomène environnemental engendré par le changement du climat mérite d'être pris en compte vu ses intérêts économiques et environnementaux. Il s'agit de l'extension au niveau de certains milieux d'espèces dites envahissantes et qui sont jusqu'ici considérées comme indésirables parce qu'elles sont le plus souvent toxiques ou épineuses. Il va sans dire que ces espèces qui s'installent spontanément suite à l'aridification d'un milieu ont des potentialités adaptatives certaines et présentent par conséquent un intérêt particulier pour la SC. Des recherches menées récemment à l'Institut des Régions Arides- Médenine Tunisie ont permis de montrer que ces plantes « indésirables » renferment des substances très nobles (médicinales, aromatiques,...) pouvant constituer une assise pour un développement durable des zones difficiles.

Une autre technique qui est déjà mise en œuvre dans certains pays (Etats-Unis et l'Afrique du Sud) qui consiste à convertir les milieux très aridifiés en grands parcs pour des espèces de la faune sauvage (antilopes, autruches, outarde ...) qui sont mieux adaptées à de telles conditions que les animaux domestiques.

Pour certains types de sols dégradés, comme les décharges et les sols extrêmement pollués, il est possible d'utiliser des espèces adaptées à une concentration élevée des métaux toxiques comme la phragmite. Les espèces adaptées aux sols salins, comme *Prosopis juliflora*, ou d'autres espèces halophytes, ont différents usages et peuvent séquestrer des quantités considérables de carbone (12 t/ha).

Les champs de dunes mobiles peuvent être réhabilités par des espèces particulièrement résistantes à l'ensablement dites psammophytes et dont le potentiel de séquestration de carbone est loin d'être négligeable.

8.7. Synthèse sur les approches de développement des parcours arides dans la région MENA

De nombreuses approches allant des réformes foncières, gestion des taux de charge, réorganisation de communautés pastorales et les systèmes de production ont été expérimentées à l'intérieur de nombreuses régions sèches du MENA. Néanmoins, l'impact de ces interventions a été dans la majorité des cas limité, et de nouvelles approches aux systèmes pastoraux sont clairement requises.

Les incertitudes auxquelles s'exposent les sociétés pastorales du MENA sont nombreuses. Elles sont d'abord largement liées depuis des siècles à la très grande variabilité des ressources pastorales offertes par les milieux naturels. Cette variabilité est à la base de l'organisation de la mobilité à grande échelle par les sociétés pastorales. Le CC accentuerait cette variabilité et augmenterait la fréquence des phénomènes exceptionnels (sécheresses ou fortes pluies). Mais les incertitudes auxquelles les pasteurs ont à faire face sont également économiques, en lien avec les dynamiques des marchés pour l'écoulement des produits pastoraux.

Les risques liés à l'activité pastorale sont également socio-fonciers, chaque fois que des conflits viennent remettre en cause l'accès aux ressources pastorales. La privatisation des ressources communes a des conséquences directes sur l'espace pastoral commun à tous les éleveurs qui s'amenuise et l'accès aux ressources pastorales vitales devient incertain.

A cela, s'ajoute les contraintes de mobilité. La mobilité est l'une des plus importantes stratégies utilisées par les communautés pastorales pour accéder aux ressources alimentaires situées dans divers emplacements et écosystèmes à travers de multiples réseaux sociaux et en utilisant des arrangements d'accès hautement complexes. Des études pastorales récentes ont reconnu l'importance de la mobilité comme une stratégie de production aussi bien qu'une stratégie de gestion des sécheresses.

Les politiques gouvernementales (par exemple, contrôle des prix du bétail et des importations et exportations) visent bien souvent à maintenir les prix à la consommation des produits de l'élevage aussi bas que possible. En conséquence et pour compenser les producteurs, les gouvernements octroient des subventions qui permettent à ces derniers de se procurer les intrants à des prix inférieurs à leur valeur réelle, offrent des services gratuits ou accordent des crédits subventionnés. Toutes ces prérogatives contribuent à constituer un système artificiellement entretenu qui peut être à l'origine d'inefficacités, d'iniquités (favorisant les gros producteurs aux dépens des petits), de distorsions au niveau des investissements et de la dégradation des ressources pastorales par une utilisation inadéquate des terres.

Plusieurs Etats sont en train de reformuler leur politique de terroir et de gestion des ressources et transmettre plus de délégation aux communautés locales et leurs organisations. Néanmoins, ce processus de décentralisation arrive à un moment où ces régions sont en train de faire face à la dégradation de leur environnement, ce qui met en danger la base de la production naturelle et crée des insuffisances de fonds afin de soutenir les efforts de développement de ces ressources pastorales.

Quelle que soit leur efficacité technique, les différentes méthodes de réhabilitation des écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques de la région MENA ci-dessus évoquées doivent être validées par la population pastorale. La participation des usagers à toutes les phases

de préparation et de mise en place des programmes d'action est en effet déterminante de leur succès.

Pour une plus grande implication des populations, les temps de préparation/réalisation des projets doivent être allongés et le renforcement des organisations pastorales réalisé préalablement à l'introduction de nouvelles technologies doit être renforcé.

9- Conclusion/Résumé

La végétation actuelle des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques de la région MENA, qui est issue de la dégradation de formations forestières primitives, est le résultat des interactions de trois facteurs essentiels : le climat, le sol et l'action anthropique.

Cette végétation qui constitue une source de pâturage, d'énergie domestique, de produits non ligneux et vivriers et surtout un moyen de lutte contre l'érosion éolienne et la désertification et qui est de plus en plus fragilisée sous l'effet de divers facteurs anthropozoïques (surpâturage, arrachage, défrichage,...) serait plus vulnérable sous des conditions climatiques plus difficiles qui seront marquées par des précipitations plus faibles, des périodes de sécheresse plus longues et des températures plus élevées. Dans de telles situations, de nombreuses espèces qui ne parviennent pas à s'adapter pourraient être perdues. Il s'agit des espèces les plus prisées par l'Homme et ses animaux et dont l'adaptation spatiale est en dessous de ce qu'il faudrait pour suivre l'évolution du climat. Chez ces espèces la rapidité de la vitesse du CC pourrait provoquer **un effet retard**. L'adaptation d'une espèce au CC est, en effet, lié à sa capacité à migrer, à sa capacité d'adaptation à son emplacement actuel, et à sa plasticité/ vulnérabilité aux sous-facteurs associés.

Des évolutions progressives de la végétation et des écosystèmes peuvent également être observées dans les zones plus ou moins protégées des facteurs de dégradation : mises en défens, plantations forestières, zones de protection diverses. Dans ces endroits, on assiste généralement à une remontée biologique et au développement de processus inverses à ceux aboutissant à la désertification. Certaines espèces dites envahissantes, favorisées par le nouveau climat plus chaud et plus sec, vont même connaître une extension de leurs aires de répartition et conquérir certains milieux. Il s'agit d'espèces faiblement appréciées et de larges niches écologiques qui seront avantagées en raison de la réduction de la concurrence pour l'eau et les nutriments. Ces espèces sont généralement de plantes de faible valeur pastorale mais qui présentent plusieurs autres intérêts (aromatiques, médicinales, cosmétiques...) qu'il conviendrait de faire valoir.

Cette capacité de résilience est assurée à la fois par les particularités des régulations morphologiques et physiologiques des plantes qui constituent ces écosystèmes et par la diversité de l'origine biogéographique de leurs cortèges floristiques.

Une augmentation de l'aridité ne se traduit pas donc nécessairement par une diminution de la productivité par unité d'eau disponible au niveau de tous les écosystèmes arides si cette augmentation est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace et si on prend en compte, au niveau de cette production, une phytomasse qui ne présente pas nécessairement une valeur pastorale mais dont l'intérêt pour la séquestration de carbone et pour d'autres usages est évidente.

En absence d'emprise humaine, les facteurs de la production végétale en zone aride sont évidemment relatifs au climat et au sol ; mais l'efficacité du matériel végétal est également un facteur très important à prendre en compte pour prédire la production primaire au niveau d'un site

déterminé. En effet, les études effectuées sur les écosystèmes des zones arides montrent que des dizaines d'espèces d'affinités écologiques différentes constituent le cortège floristique de ces écosystèmes, ce qui témoigne de possibilités d'adaptation très importante de la végétation à des conditions de milieu très diversifiées et très variables.

Ainsi, il apparaît clairement que, moins il y a de plantes pérennes dans un système, plus la production est variable entre les années. La géomorphologie et la nature du sol ont également une influence très importante sur la variabilité de la production par le fait qu'elles déterminent le bilan hydrique du sol.

La connaissance de la proportion des types biogéographiques à affinité écologique « humides » comme ceux des espèces méditerranéennes ou européennes et des types à affinité écologique « chaude » comme les espèces saharo-sindiennes est d'une grande importance pour comprendre l'évolution de la végétation et pour prédire ses potentialités productives et adaptatives face au changement climatique.

L'évolution des proportions de plantes arido-actives et arido-passives dans les peuplements végétaux des zones sèches pourrait renseigner sur la vulnérabilité et/ou la capacité de résilience des écosystèmes face à l'aridité et par conséquent au changement climatique. La régression des arido-actives pourrait traduire une tendance à l'aridification.

Outre ce pouvoir de résilience qui caractérise la végétation des écosystèmes arides, aussi bien au niveau des espèces que des peuplements, celle-ci est par ailleurs dotée d'une valeur adaptative insensible à l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Elle constitue, à cet effet, une ressource génétique à exploiter dans l'avenir pour faire face au changement climatique.

La compréhension de la dynamique de la végétation est un préalable essentiel pour comprendre et prévoir les réponses d'un système écologique aux différents types de stress et de perturbations et pour faire la part des tendances structurelles et conjoncturelles. Parmi les méthodes et les outils permettant de prédire la vulnérabilité des écosystèmes forestiers des zones arides face au CC et la modélisation de la distribution géographique actuelle et future des végétaux, celle qui se base sur le concept de niche écologique et qui met en relation la présence de l'espèce avec les paramètres environnementaux comme celle d'entropie maximale (MaxEnt) présente plusieurs avantages et s'avère assez performante. Quelque soit l'approche adoptée, il est certes difficile d'anticiper avec certitudes sur la composition et le fonctionnement des futurs écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques, mais il est fort probable que cette recombinaison, avec des espèces plus généralistes, va accentuer le processus de simplification et induire une diminution des rendements écosystémiques à long terme.

Face à la pression anthropozoïque accrue combinée aux effets néfastes du CC subit par les écosystèmes forestiers des zones arides, la restauration/réhabilitation des pâturages et la gestion des parcours paraissent des alternatives prometteuses non seulement pour l'amélioration des moyens de subsistance de la population basés sur l'élevage mais aussi pour la restauration de puits de carbone du sol. La productivité des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques de la région MENA est relativement faible, mais compte tenu des larges étendues qu'ils occupent, la production de phytomasse totale de ces écosystèmes reste très importante si cette faible productivité est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace. La production de phytomasse au niveau de ces écosystèmes est d'autant plus importante à considérer pour la séquestration de carbone que la durée de vie du carbone dans les sols des zones arides est parfois plus longue que celle dans les sols forestiers.

La mise en avant de la réaffectation de certains écosystèmes est une autre alternative prometteuse pour faire face aux effets néfastes du CC, vu les intérêts économiques et environnementaux qu'elle présente. Une telle démarche permettrait, en effet, l'extension de plantes plus productives avec un grand potentiel de séquestration de carbone et pouvant être valorisées à plusieurs fins. Les milieux très aridifiés peuvent en outre être convertis en grands parcs pour des espèces de la faune sauvage (antilopes, autruches, outarde ...) qui sont mieux adaptées à de telles conditions que les animaux domestiques.

En plus des propres capacités de résilience des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques et des mesures techniques et de gestion qu'il conviendrait de mettre en œuvre, plusieurs autres mesures peuvent être préconisées pour améliorer la résilience de ces écosystèmes. Face au CC l'Adaptation fondée sur les Ecosystèmes (AFE) est en effet de plus en plus reconnue comme un moyen efficace et rentable. Parmi ces mesures, il y a lieu de mentionner :

- renforcement de la connectivité des paysages et des réseaux écologiques ;
- mise en avant de la réaffectation des écosystèmes ;
- développement d'une politique et d'un cadre institutionnel pour l'adaptation ;
- mise en œuvre d'un système de coordination et d'échange d'expériences sur les approches et outils de gestion des écosystèmes à travers la mise en place de réseaux d'échanges d'expériences, de savoir faire, de marketing et de commercialisation de tous les produits de terroirs entre les différents acteurs ;
- mise en œuvre d'un système de gouvernance de ces écosystèmes permettant de réduire les pressions anthropiques et de garantir la durabilité de leurs biens et services à travers l'adoption d'approche multifonctionnelle globale et intégrée ;
- adoption d'approches qui tiennent compte de l'effort déployé par la population locale ainsi que la société civile dans son environnement (approche participative, approche genre,...);
- encouragement de la population locale et des ONGs à travers des textes juridiques et réglementaires qui favorisent leurs efforts déployés.

L'amélioration de la valeur des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques peut , en outre être assurée, à travers les mesures suivantes :

- développement de programmes de recherche /développement ;
- renforcement ciblé des capacités et des incitations efficaces pour améliorer la gestion de ces écosystèmes fragiles ;
- adoption de politiques qui répondent aux dimensions naturelles et sociales,
- mise en place de mécanismes de financement qui permettent la participation de l'ensemble des parties prenantes.

COMPOSANTE B. ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DES MOYENS DE SUBSISTANCE (LIVELIHOODS) DES POPULATIONS EN ZONES ARIDES ET DÉSERTIQUES DE LA RÉGION MENA

1. Introduction, objectifs et approche méthodologique

Les écosystèmes et les populations des régions arides et désertiques dans les pays d'Afrique du Nord et du Moyen Orient (MENA) sont particulièrement menacés par plusieurs facteurs socio économiques et climatiques. En effet ces écosystèmes ne peuvent souvent plus assurer les services indispensables au développement socio-économique de ces zones et notamment des populations fortement dépendantes de leurs ressources naturelles. Ces menaces sont d'autant plus intenses dans les régions arides représentatives de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA), qui souffrent d'un manque d'eau et de terres arables, et où la dégradation des ressources naturelles et les changements climatiques induisent des problèmes socio-économiques importants affectant les moyens de subsistance des populations.

L'objectif spécifique de la composante B consiste à élaborer une synthèse des résultats des différentes approches d'analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations dépendantes des ressources naturelles. L'accent est mis particulièrement sur les écosystèmes pastoraux au niveau des zones arides de la région MENA.

L'approche méthodologique adoptée est basée sur l'approche "Sustainable Livelihood Approche SLA" (Baumann, 2002; Carney, 1998; Carney, 2002; Chambers, 1987; Samsudin et al, 2013; Karl et al, 2002; Norton et al, 2001; Dearden et al, 2002; Scoones, 1998).

La méthodologie est principalement basée sur l'analyse des informations disponibles sous forme documentaire ou de bases de données statistiques et géographiques qui concernent l'analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance (Livelihoods) des populations en zones arides et désertiques de la région MENA. Les informations ont été collectées soit auprès de l'OSS (projet MENA-DELP, fonds documentaires et bases de données) soit au niveau de la documentation disponible (bibliothèques, etc.) ou encore au niveau des ressources web accessibles.

La composante B couvre prioritairement les aspects suivants:

- Collecte et comparaison de différentes approches pour analyser la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations (Livelihoods) ;
- Description et définition des moyens de subsistance dépendant des ressources naturelles des couverts et écosystèmes pastoraux en tenant compte du capital naturel, physique, financier, social et humain et de leurs combinaisons en tant que stratégie des moyens de subsistance ;
- Classification des différents moyens de subsistance (Livelihoods) en fonction des sources de revenus ;
- Identification des moyens de subsistance des populations (Livelihoods) dans la région qui n'ont pas encore fait l'objet d'une analyse de vulnérabilité ;
- Identification des risques liés au changement climatique et analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations identifiées face aux effets du changement climatique (y compris l'analyse du cadre institutionnel et législatif et les 5 capitaux définissant les stratégies telles que définies dans l'approche Livelihoods - Carney, 1998);

- Identification des mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation des collectivités qui dépendent des forêts, dans une optique de gestion durable des forêts.

2. Collecte et comparaison de différentes approches pour analyser la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations (Livelihoods)

Diverses approches sont développées durant les deux dernières décennies pour analyser la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations (Livelihoods) et des écosystèmes dont notamment l'approche "Sustainable Livelihoods Framework" SLA. Ces approches sont synthétisées dans ce qui suit:

2.1., Approche "Sustainable Livelihoods Framework" SLA

L'approche "Sustainable livelihoods framework" SLA élaborée par le DFID (UK Department for International Development) (Carney, 1998; Carney, 2002) constitue la base conceptuelle et méthodologique de l'analyse "livelihoods" qui est développée dans le cadre du présent travail (Baumann, 2002; Carney, 1998; Carney, 2002; Chambers, 1987; Samsudin et al, 2013; Karl et al, 2002; Norton et al, 2001; Dearden et al, 2002; Scoones, 1998). (figure 11).

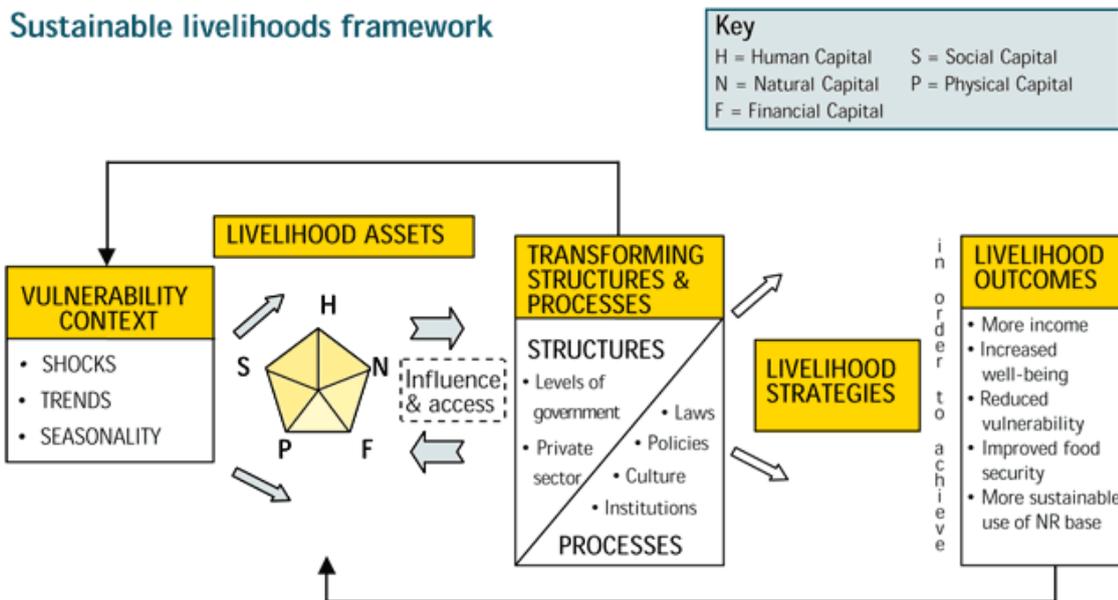


Figure 11. Sustainable livelihoods framework (UK Department for International Development (DFID)) <http://practicalaction.org/livelihoods-4>

En effet, l'approche SLA offre un cadre analytique qui permet de comprendre les facteurs qui influencent la capacité des gens à réaliser le développement durable dans des circonstances particulières de pauvreté et vulnérabilité des écosystèmes. L'approche SLA tient compte de la gamme complexe des actifs et des activités sur lesquelles les gens dépendaient pour leur subsistance (Dearden et al, 2002; Karl et al, 2002; Norton et Foster, 2001).

Plusieurs études ont utilisé l'approche SLA pour analyser les politiques de gestion des terres et des causes de la pauvreté. Samsudin et Kamaruddin (2013) ont utilisé l'approche SLA pour analyser la répartition des moyens de subsistance des pauvres Mukim (sous-district) Kupang, Kedah¹.

¹ Voir les exemples en annexe 3

Selon le cadre conceptuel (figure 11), l'approche SLA ou AMED en français (Approche des Moyens d'Existence Durables) ne s'intéresse pas exclusivement à la production, à l'emploi, aux marchés, aux systèmes d'exploitation agricoles ou tout autre secteur, mais adopte une approche globale, centrée sur la compréhension des populations en se focalisant sur les ménages ruraux et leurs réalités socio-économiques (FAO/LADA, 2010). Selon l'AMED (SLA), les ménages utilisent une diversité d'actifs en vue de l'élaboration de leurs moyens d'existence. Cette diversité comprend non seulement des biens qu'ils possèdent entièrement ou contrôlent, comme leurs propres outils de travail, leurs économies d'argent et leur propre terre, mais aussi les actifs auxquels ils accèdent de manière occasionnelle, telles que les infrastructures de transport et les terres de la communauté (ou terres collectives). Cependant les ménages ne comptent pas seulement sur les biens/actifs matériels comme l'argent, la terre, les outils et le matériel de travail, ils comptent aussi sur un large éventail d'actifs relationnels et intrinsèques comprenant les réseaux sociaux, leurs propres compétences ou savoir faire et l'état de santé de leurs membres. Il existe différentes manières de conceptualiser ces actifs, mais le schéma le plus courant se présente sous la forme d'un pentagone représentant les cinq capitaux (FAO/LADA, 2010). L'approche SLA est présentée d'une manière synthétique dans l'annexe 2.

Le cadre d'analyse des Moyens d'Existence Durables (MED) est décliné en 5 composantes présentées dans ce qui suit :

i. Les capitaux ou actifs (assets)

Les capitaux constituent la base des moyens d'existence des ménages (figure 12). La SLA est basée sur cinq principaux capitaux: le capital financier, le capital physique, le capital naturel, le capital social et le capital humain :



Figure 12. Les cinq capitaux de l'approche SLA

Schinke & Klawitter (2011) ont souligné l'intérêt d'ajouter le capital politique comme un autre atout des moyens de subsistance dont la prise en compte est essentielle pour analyser les liens entre les

titulaires de droits de l'homme au niveau local et les structures et les processus représentés par les porteurs d'obligations correspondantes au niveau de la politique opérationnelle. Le capital politique détermine le niveau d'accès à la prise de décision ainsi que la capacité des détenteurs de droits d'influencer leurs stratégies de subsistance et de leur vulnérabilité aux chocs et aux contraintes. Ainsi, le capital politique englobe les ressources utilisées pour influencer et participer à la prise de décision politique, par exemple, l'information et la participation.

ii. Politiques, institutions et processus.

La cadre SLA considèrent les institutions, les organisations, les politiques et les législations qui marquent les moyens d'existence, à la fois positivement et négativement. Ces structures et processus influencent et déterminent les stratégies des moyens d'existence des ménages compte tenu des actifs. Ils sont considérés à différentes échelles: ménage, locale, nationale, régionale et internationale et fonctionnent dans tous les sphères, privé, public, etc.

iii. Stratégies des moyens d'existence

Il s'agit de la gamme et de la combinaison des activités et des choix qu'entreprennent les ménages afin d'atteindre leurs objectifs de moyens d'existence. Les stratégies des moyens d'existence englobent les activités productives, les stratégies d'investissement, etc.

iv. Les résultats (outcomes) des moyens d'existence

Les résultats des moyens d'existence sont les réalisations des stratégies des moyens d'existence. Les ménages essaient habituellement d'obtenir des résultats multiples qui peuvent inclure :

- Plus de revenus
- Amélioration des conditions de bien-être
- Réduction de la vulnérabilité
- Utilisation plus durable des ressources naturelles.
- Amélioration de la sécurité alimentaire.

Les résultats des moyens d'existence interagissent avec les actifs, avec par exemple plus de revenu de trésorerie permettant l'augmentation du capital financier du ménage.

v. Contexte de Vulnérabilité

Il décrit l'environnement dans lequel vit le ménage. Les moyens d'existence du ménage et la plus large disponibilité des actifs sont fondamentalement influencés par des tendances critiques ainsi que par des chocs et la saisonnalité - sur lesquels ils n'ont que peu ou aucun contrôle. Les chocs peuvent être le résultat de la santé humaine, des événements naturels, aléas économiques, conflits et cultures/santé du bétail. La transformation des structures et des processus influencent le contexte de vulnérabilité. Le contexte de vulnérabilité influence, en retour, les actifs du ménage.

Comme faisant partie du cadre des moyens d'existence durable, évaluer le contexte de la vulnérabilité extérieure de la région cible implique une analyse des chocs exogènes, saisonnalités et stress à long terme à laquelle les moyens de subsistance de la population sont exposés et dont la disponibilité des moyens de subsistance est fondamentalement affectée. Dans la région MENA, le contexte de vulnérabilité externe peut être divisé en deux catégories: l'environnement notamment le

changement climatique et le contexte socio-politique (l'exemple illustratif est le printemps arabe, opposition armée, etc.).

Aujourd'hui, la région MENA connaît déjà des tendances négatives importantes affectant l'environnement. Par exemple: Sur les 20 nations à travers le monde avec la disponibilité en eau douce renouvelable interne en dessous de 1000 m³ par habitant, 15 sont localisés dans la région MENA. Le déficit de l'ensemble de l'eau dans la région MENA-région devrait croître de 60 à 150 milliards de m³ par an à l'horizon 2050 (Schinke & Klawitter, 2011).

En outre, les principales sources d'énergie dans la région sont des combustibles fossiles, notamment le pétrole et le gaz naturel. Cependant, ces ressources fossiles sont inégalement répartis entre les pays de la région MENA. Il faut distinguer entre les pays riches en ressources naturelles (Algérie, Libye) et les pays pauvres en ressources (Tunisie, Maroc et Jordanie), qui sont fortement tributaires des importations d'énergie. L'usage de combustibles fossiles conduit au changement climatique d'origine anthropique due à l'augmentation de gaz à effet de serre (GES) - émissions dans l'atmosphère. Si aucune des mesures sont prises, la région MENA contribuera de plus en plus aux émissions de GES, et, dans le même temps, peuvent souffrir de sécheresses prolongées, de la diminution des précipitations et de la désertification due au changement climatique (Schinke & Klawitter, 2011).

L'annexe 4 présente à titre illustratif l'analyse du contexte de vulnérabilité environnementale l'exemple de Ouarzazate / Maroc (Schinke & Klawitter, 2011).

2.2. Autres approches disponibles d'analyse de vulnérabilité

2.2.1. Approche d'analyse de la vulnérabilité des populations et des écosystèmes du projet LADA/FAO

Le projet LADA/FAO² a adopté l'approche SLA combinée au cadre analytique DPSIR/FPEIR. L'approche a été appliquée à l'échelle locale et aide à relier ensemble les résultats issus des différents éléments de l'évaluation du projet LADA/FAO. Il s'articule bien avec les deux autres cadres conceptuels: the Sustainable Livelihoods (SL) framework and the Ecosystems Services (ES). La séquence analytique est montrée dans la figure 13.

² Pour plus de détails, s'adresser au site : <http://www.fao.org/nr/lada/index.php?lang=fr>

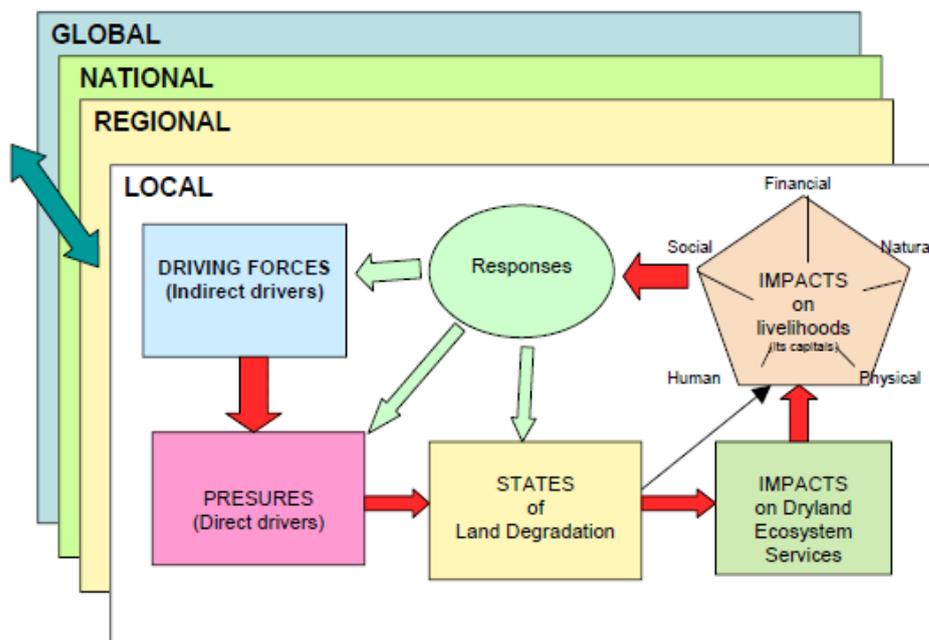


Figure 13. Approche LADA/FAO d'analyse des moyens d'existence
Source : Chaabane (2010)

Il s'agit d'identifier les indicateurs les plus pertinents pour chaque type de capital. Quelques indicateurs pour les différents types de capitaux sont identifiés pour illustrer les différences entre les différentes catégories d'utilisateurs de la terre (riches, moyens et pauvres).

2.2.2. Méthodologie du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC):

Les lignes directrices techniques du GIEC pour estimer les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation sont utilisées par les pays membres de la CCNUCC pour analyser leur vulnérabilité. La méthodologie du GIEC propose les trois approches suivantes pour l'analyse:

- ⇒ L'approche des impacts est la plus simple des trois et est basée sur une relation de cause à effet. Sa sortie est limitée à l'identification des changements des variables climatiques spécifiques et l'analyse de leurs effets possibles sur les unités de système qui y sont exposés.
- ⇒ L'approche d'interaction, ainsi que les impacts des changements climatiques, comprend des processus qui peuvent interagir à exacerber ces impacts, étendant ainsi l'évaluation de la vulnérabilité à d'autres facteurs qui causent des effets négatifs sur le système.
- ⇒ L'approche intégrée: les unités à l'étude doivent être intégrées dans un système qui est intégré à un secteur de sorte que toutes les interactions possibles entre les systèmes et leurs éléments touchés par le changement climatique peuvent être analysées.

Evidemment, la sélection des outils dépend de la capacité technique et des ressources disponibles du groupe en charge de l'étude. Si celles-ci sont limitées, il est préférable d'effectuer une bonne étude d'impact plutôt qu'une étude intégrative médiocre.

Les lignes directrices du GIEC décrivent les sept étapes nécessaires pour évaluer les impacts et les besoins d'adaptation (Figure 14).

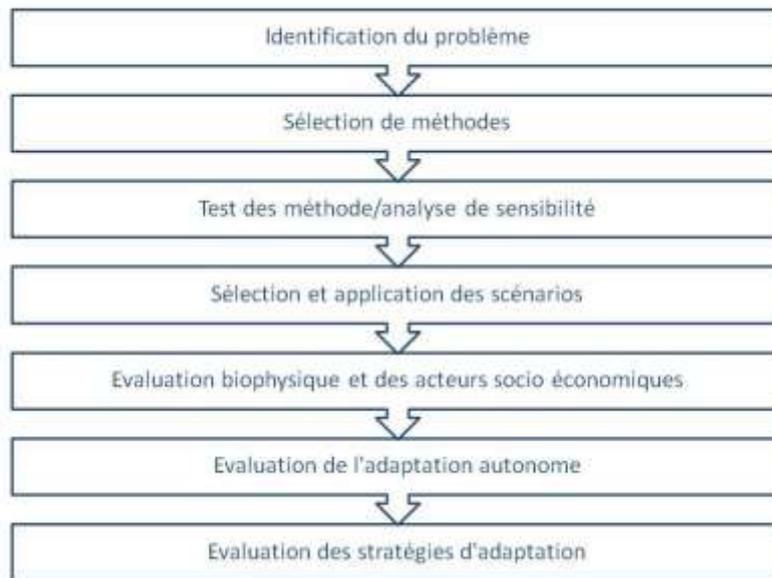


Figure 14. Principales étapes de l'approche du GIEC pour évaluer les impacts du CC (Carter T.R., et al 1994)

Selon le GIEC, ni l'adaptation ni l'atténuation ne permettront, à elles seules, de prévenir totalement les effets des changements climatiques. Les deux démarches peuvent toutefois se compléter et réduire sensiblement les risques encourus. La figure 15 décrit l'interaction entre le système humain et les systèmes terrestres en associant l'adaptation et l'atténuation.

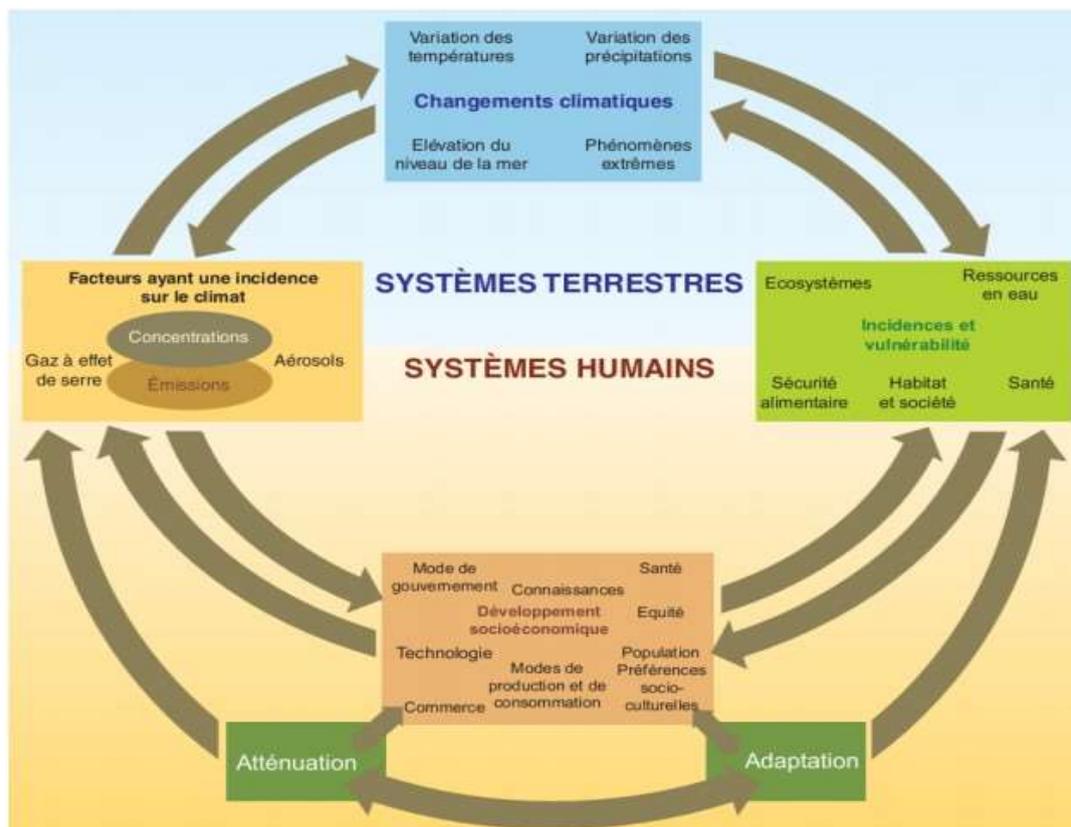


Figure 15. Représentation schématique des facteurs humains, de l'évolution du climat, des effets sur le changement climatique et des réponses apportées (GIEC, 2007)

2.2.3. Méthodologie du PNUE pour l'évaluation de la vulnérabilité au CC

Le PNUE a publié le Manuel sur les méthodes d'évaluation du changement climatique d'impact et d'adaptation des stratégies en partenariat avec l'Institut des études environnementales de l'Université Vrije (Pays-Bas), la deuxième édition a été publiée en 1998. L'approche présente une structure similaire à la méthodologie du GIEC et comprend des sections spécifiques sur l'analyse de l'adaptation des ressources en eau, les zones côtières, l'agriculture, les écosystèmes forestiers, le secteur de l'énergie, la santé, la pêche, la biodiversité et l'élevage.

La méthodologie du PNUE permet d'étudier l'impact du CC à différents niveaux (régional ou local) et aide à mieux sélectionner les outils, les méthodes, ainsi que les scénarios climatiques et socio-économiques (figure 16). Elle permet de décrire les outils et les méthodes nécessaires à l'étude de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers.

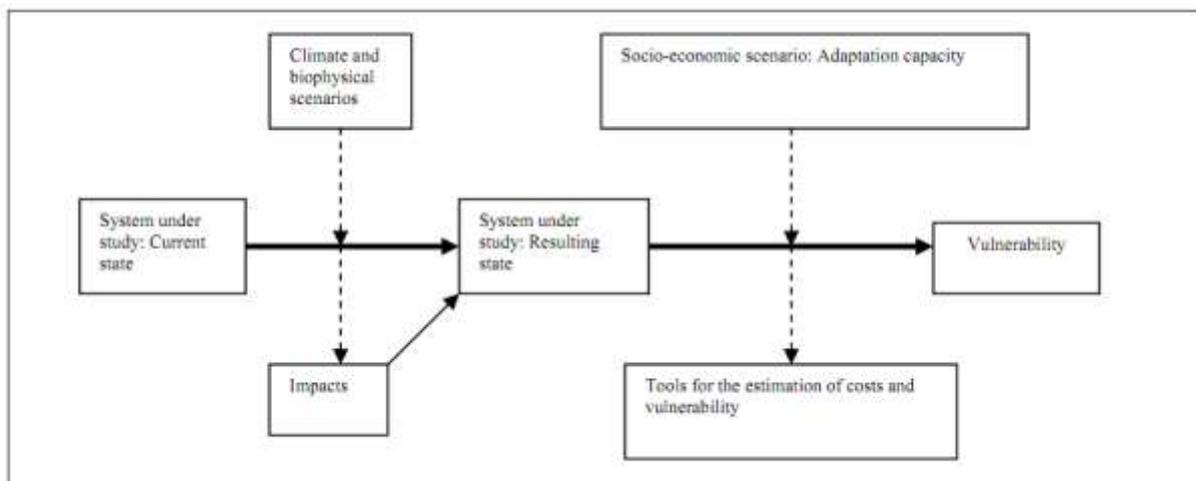


Figure 16. Méthodologie du PNUE pour l'évaluation de la vulnérabilité

L'approche prévoit trois types de scénarios³: scénarios climatiques, scénarios socio-économiques et scénarios biophysiques et environnementaux.

2.2.4. Approche (CI:GRASP/GIZ)⁴ d'analyse de la vulnérabilité au CC

Cette approche a été développée par la GIZ et l'Institut de climatologie de Potsdam (PIK) et a fait l'objet d'application en Tunisie en collaboration avec l'Institut des Régions Arides dans le cadre du projet CI:Grasp (Sghaier & Ouessar, 2011). Il s'agit d'une approche intermédiaire reliant les conditions locales et globales au titre des relations sans équivoque. Elle a été inspirée de «l'approche du syndrome» utilisée pour analyser les interactions homme - environnement et de leur dynamique. Elle permet d'étudier les liens entre les facteurs dans un secteur donné, influencé par des facteurs de stress multiples (figure 17).

³ Un scénario est une description cohérente de l'état futur d'un système, en particulier la série de variables qui déterminent son état dans une zone donnée et le temps.

⁴ Pour plus de détails visiter le site cigrap2 : <http://pik-potsdam.de/cigrasp-2/>

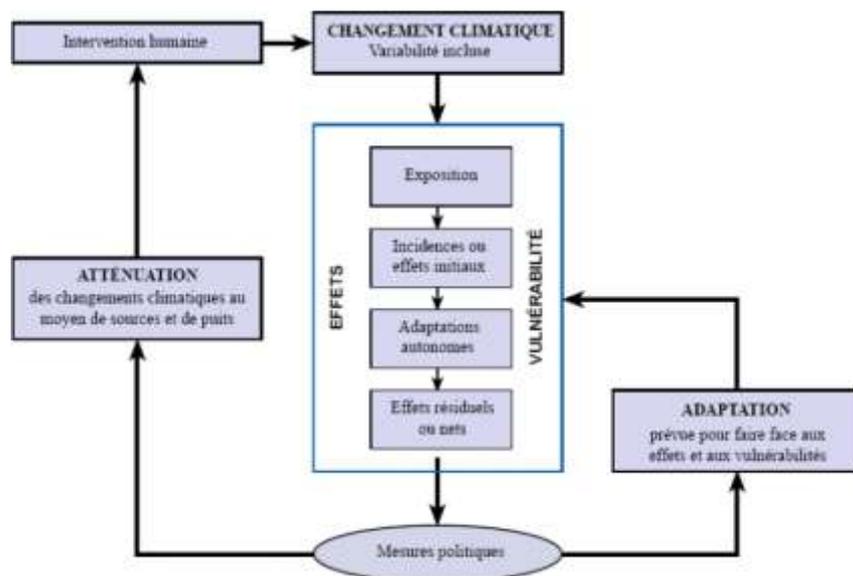


Figure 17. Schéma général de la vulnérabilité d'un système donné au changement climatique

Source : Sghaier & Ouassar (2011)

Comme le révèle la figure 18, la vulnérabilité d'un système donné est conditionnée par les effets de l'intensité de son exposition au CC et de ses capacités d'adaptation dites autonomes ou intrinsèques. Afin de réduire les effets négatifs et la vulnérabilité du système, l'action (à travers les mesures politiques, plans d'action et stratégies d'intervention) distingue deux voies possibles : l'adaptation du système lui-même et l'atténuation du CC à travers la réduction des interventions humaines à effet de serre (réduction des émissions de CO₂).

L'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC, CI:grasp/Tun a été mise en œuvre suivant cinq principales étapes menées d'une manière intégrée comme l'indique la figure 18.

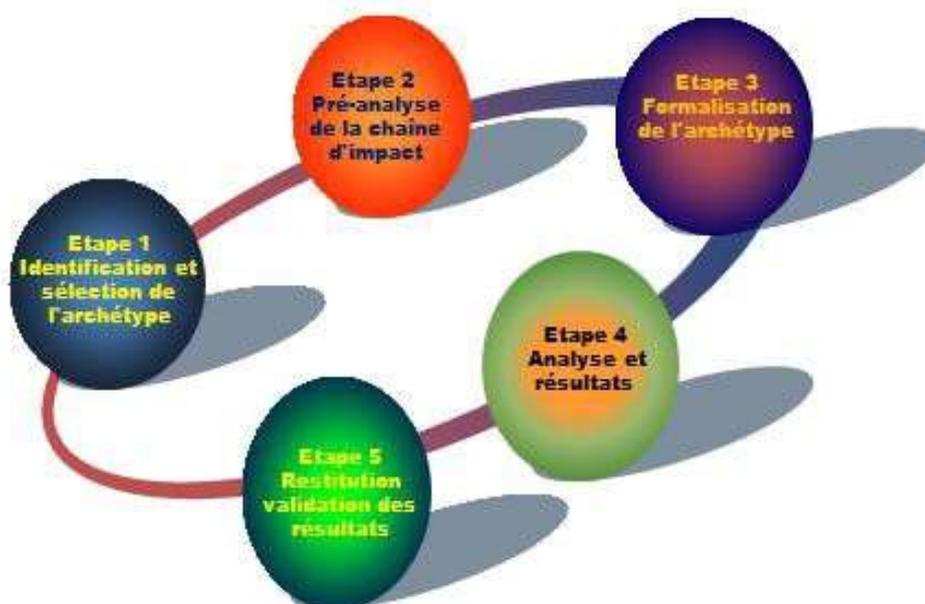


Figure 18. Etapes de l'approche d'analyse de vulnérabilité au CC (CI:grasp/Tun)

Source: Sghaier et Ouassar (2011)

2.3. Analyse comparative des principales approches présentées

En dépit de l'intérêt de la gamme d'approches d'analyse de vulnérabilité présentées plus haut, le présent travail a privilégié l'approche SLA au vu sa pertinence par rapport à la thématique traitée, aux objectifs et aux résultats attendus.

L'annexe 5 synthétise les principales caractéristiques des approches présentées. En effet, l'approche SLA a fait l'objet d'application dans la majorité des pays MENA (Egypte, Maroc, Jordanie et Tunisie) notamment aux échelles locale et régionale. L'approche présente également certains avantages dont notamment son utilisation pour l'aide à la décision, l'orientation de politiques et son expérimentation dans divers contextes par des organisations internationales et des institutions nationales. Elle permet également la mobilisation et l'engagement des acteurs locaux. Elle se caractérise par son opérationnalité dans le domaine d'évaluation et de planification stratégique et son adaptabilité à différentes échelles spatio-temporelles.

Cependant, l'approche présente certaines difficultés et nécessitent certaines conditions dans notamment la mobilisation réelle des acteurs concernés, la disponibilité d'une large base de données et informations, la génération de données secondaires à différents niveaux, la disponibilité de capacités et de compétences de haut niveau dans sa conceptualisation et sa mise en œuvre. D'autre part c'est une approche dynamique nécessitant du temps pour faire dérouler un véritable processus multi acteurs.

3. Description et définition des moyens de subsistance dépendant des ressources naturelles des écosystèmes et des sources de revenus

Cette partie tentera de fournir des exemples d'application de l'approche SLA dans les pays concernées par MENA/DELP et de donner une description et identification des moyens de subsistance dépendant des ressources naturelles, des écosystèmes et des sources de revenus en tenant compte des 5 capitaux et de leurs combinaisons en tant que stratégie des moyens de subsistance.

Tout d'abord, il est d'intérêt de souligner que l'approche SLA a été appliquée dans les pays notamment en Egypte, Maroc, Jordanie et en Tunisie. Dans ce qui suit, nous présenterons des illustrations par pays. L'analyse des contextes par pays est présentée en annexe 6.

3.1. Application de l'approche SLA en Jordanie

Cette section est basée sur les résultats de l'excellente étude réalisée par "consultation with the poor" (MPIC, UNDP, 2004) dans 7 villages en Jordanie : Deeseh, Dayr al Kahf, Sakhra, Dana Village, Al-Natheef, South Shooneh, Madaba (voir carte, figure 19).

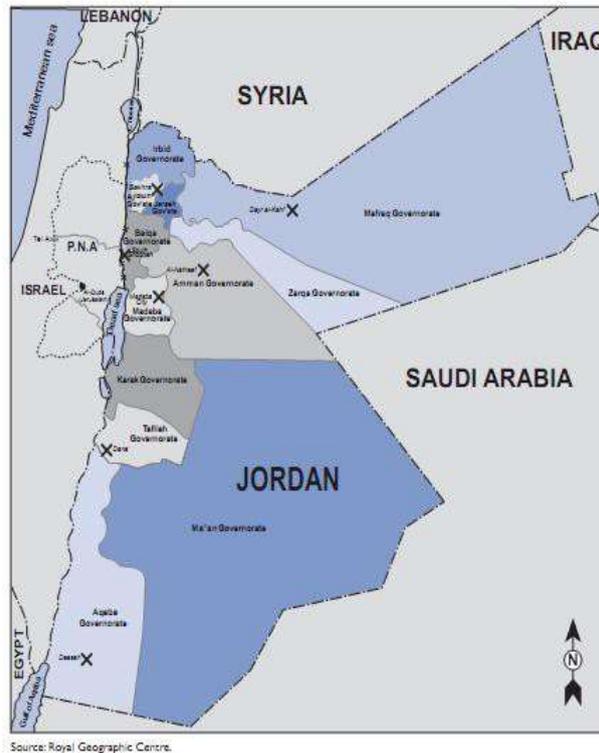


Figure 19. Carte de localisation des 7 villages étudiés en Jordanie (MPIC, UNDP, 2004)

L'étude se focalise sur les moyens de subsistance durables comme objectif global de développement. L'approche (SLA) adopte un cadre holistique qui est particulièrement applicable pour l'analyse du développement en Jordanie.

Les actifs (capitaux) des moyens d'existence (livelihood assets)

Le capital naturel se réfère à des ressources telles que l'eau, la terre, les forêts et l'air. La Jordanie est caractérisée par un accès limité à l'eau et aux terres fertiles en grande partie attribuable à une croissance de la demande, résultant de la croissance démographique, l'urbanisation et les changements dans les formes de production. Les systèmes agricoles inappropriés et non durables augmentent les risques des actifs naturels. Le manque d'accès à l'eau est prévu pour être un facteur important de vulnérabilité pour la Jordanie dans l'avenir. Des plans sont en place pour réduire la vulnérabilité de la Jordanie, mais il est probable que d'ici 2020 le déficit en eau (l'écart entre la demande et l'offre) sera d'environ 434 millions de m³.

Le capital physique se réfère à des infrastructures telles que le transport, le logement, les systèmes pour l'eau, à l'énergie et la communication et aux facteurs de production tels que les infrastructures et les équipements qui aident les gens à poursuivre leurs moyens de subsistance avec plus de succès. Au cours des dernières décennies, la Jordanie a investi massivement dans le capital physique, fixant les bases d'un développement économique et social futur et conduisant à des scores élevés de développement humain et des indicateurs de pauvreté, en particulier en matière d'accès aux systèmes d'eau et d'assainissement. Plus de 96% de la population a accès à l'eau potable, 60% à l'assainissement et 99,5% ont accès à l'électricité. L'accès aux systèmes de communication a considérablement augmenté et plus de 72,6% des Jordaniens avoir accès à des téléphones, de 5% à l'Internet, 96,3% des ménages disposent d'une télévision, 42% ont un satellite et 16,4% ont un ordinateur.

Le capital financier se réfère à des ressources financières, tels que l'épargne, le crédit, les envois de fonds réguliers, pensions, et du bétail et des terres qui sont utilisés pour des investissements financiers pour générer des revenus. La Jordanie bénéficie d'apports de fonds importants de l'aide publique au développement, les envois de fonds des Jordaniens travaillant à l'étranger, bien que de tels flux sont vulnérables aux chocs et aux tendances climatiques. L'accès au crédit est un axe majeur de la politique de développement du gouvernement pour la Jordanie, en particulier pour les couches les plus pauvres de la communauté. Au cours des cinq dernières années, plus de 80.000 personnes ont bénéficié de prêts.

Le capital social se réfère aux relations sociales et les réseaux sur lesquels les gens puisent pour la poursuite de leurs moyens de subsistance. Ceux-ci peuvent varier de formes d'assistance réciproque basées sur la confiance et ancrées dans la tradition de l'adhésion formelle de groupes de la communauté et au-delà. En Jordanie le capital social est souvent lié à l'appartenance à des tribus ou des familles élargies et peut être un atout majeur pour les personnes pauvres et marginalisées. Le capital social est intangible et donc difficile à quantifier, mais un indicateur couramment utilisé est la mesure de l'accès aux ONG et OCB (organisations communautaires de base). En Jordanie, il y a plus de 800 OCB, mobilisant plus de 20 000 bénévoles. Les réseaux de femmes tels que le Forum national jordanien pour les femmes regroupe plus de 100.000 femmes.

Le capital humain désigne les compétences, les connaissances, la santé et la capacité de travailler, qui sont tous importants pour les stratégies de moyens d'existence. Le capital humain représente en Jordanie un grand atout grâce à l'investissement important dans la santé et l'éducation. Celles-ci contribuent à fournir une main-d'œuvre qualifiée permettant d'améliorer de manière significative le développement humain en Jordanie. Le gouvernement investit 5% du PIB dans l'éducation et 4,3% du PIB dans la santé publique. Les indicateurs de santé en Jordanie montrent une amélioration constante: en 2002 l'espérance de vie était de 71,5 ans. La création d'emplois est un défi pour la Jordanie. En 2002, le nombre total d'employés était 1.086.000, avec le commerce de gros et de détail étant le secteur le plus important employeur (18,1% de la population active occupée).

Le contexte de vulnérabilité

Chocs et tendances : la capacité des gens à maintenir leurs moyens de subsistance est affectée par le contexte de vulnérabilité, par les chocs, les tendances et l'environnement dans lequel ils vivent. Ces événements peuvent affecter toute une population ou peuvent être spécifiques à un groupe social particulier, ménage ou un individu. Les chocs et les tendances ont une incidence directe sur l'état des capitaux d'existence de la population et les options qui leur sont offertes. La Jordanie est particulièrement vulnérable aux chocs externes de nature politique, qui ont des impacts économiques, sociaux et culturels complexes et interconnectés.

Les stratégies d'adaptation: lorsqu'ils sont confrontés à des chocs, les pauvres ont tendance à adopter des stratégies d'adaptation réactives qui peuvent réellement les aggraver. Les stratégies d'adaptation sont nécessaires pour permettre aux gens d'éviter la vulnérabilité accrue par une utilisation plus stratégique de leurs actifs de base. La Stratégie de réduction de la pauvreté en Jordanie permet à court terme d'éviter les problèmes graves de santé, le faible niveau d'éducation, la dégradation sociale et la privation de droits de l'homme.

Droits d'accès aux actifs: l'accès des populations pauvres aux actifs et leur capacité à faire face à la vulnérabilité sont affectés par le niveau auquel leurs droits sont protégés par la loi et respectés dans la pratique. Comme dans toutes les sociétés, il ya des variations claires dans la capacité des différents

membres de la société à accéder et à profiter de ces droits. Ces variations sont généralement fondées sur des facteurs tels que l'âge, l'ethnicité, la classe, la capacité physique et le sexe. En Jordanie, il existe des différences de niveaux d'accès à une bonne nutrition, aux services de santé, à l'éducation, au logement adéquat, à l'emploi et aux droits de propriété.

Politiques et institutions : la capacité des personnes pauvres de se livrer à des stratégies de subsistance pérennes et performantes, est affectée par les politiques et les institutions. Les politiques adoptées dans le cadre des mesures de réforme au niveau national peuvent avoir un impact négatif souvent au niveau local. Les institutions gouvernementales telles que les ministères de la santé et l'éducation, qui offrent des services aux pauvres, peuvent avoir un impact important sur leur bien-être.

De plus en plus, en Jordanie, les institutions du secteur privé ont également un impact significatif sur les pauvres, soit directement à travers la création d'emplois ou indirectement à travers l'utilisation de ressources rares et l'impact sur l'environnement.

Le développement local, la participation et la gouvernance : l'approche SLA des moyens d'existence durable reconnaît le rôle clé que les politiques et les institutions jouent dans un environnement favorable pour le développement. En Jordanie, les facteurs, sociaux, économiques et politiques de développement durable insistent sur la nécessité d'accroître l'efficacité des institutions et d'assurer une plus grande participation. La gouvernance démocratique est devenue un thème central dans de nombreuses stratégies nationales de développement comme moyen pour assurer un progrès équitable et durable vers le développement humain.

Gouvernance démocratique : en Jordanie, il ya une reconnaissance croissante du fait que la bonne gouvernance est une condition essentielle pour le développement durable et la réduction de la pauvreté. La bonne gouvernance se focalise sur la création d'institutions efficaces qui sont régies par des règles claires. Ceci, à son tour, exige une culture de la transparence, la participation, la réactivité, la responsabilité et le respect de la primauté du droit. La bonne gouvernance doit aussi se préoccuper de l'accès équitable et la création de l'espace dans lequel les gens peuvent influencer le fonctionnement des institutions.

3.2. Application de l'approche SLA au Maroc

L'application de l'approche SLA dans les régions arides au Maroc est illustrée à travers l'étude de cas de la région d'Ouarzazate et environs (Institute for Climate, Environment and Energy; Germanwatch, 2015).

Capital Naturel

La ressource la plus rare dans la région d'Ouarzazate est l'eau. La disponibilité en eau par habitant dans la région est nettement inférieure à la moyenne nationale de 360 m³/an dans la région de Souss Massa-Drâa qui est gravement en dessous du seuil critique de la pénurie d'eau de 1.000 m³/an.

En résumé, les communautés rurales à Ouarzazate sont plus exposées aux effets du CC que les communautés urbaines, (moins de précipitations, sécheresse plus fréquente, diminution des ressources durables en eau, perte de rendements et des revenus de l'agriculture).

Capital financier

Les principales activités économiques de la province d'Ouarzazate comprennent l'agriculture, le tourisme, le petit artisanat et d'autres petites activités industrielles, comme la production laitière et

la transformation des fruits du dattier. Environ 61% de la population vit dans les zones rurales. L'agriculture, principalement l'agriculture oasienne et l'élevage pastoral, est le secteur dominant dans la province, apportant une contribution importante au revenu du ménage et à la sécurité alimentaire.

Les principaux secteurs occupants la population active sont le tourisme, l'administration et les services, ainsi que l'artisanat ou le secteur des bâtiments. La dépendance directe des activités agricoles est très faible, seules quelques personnes complètent leurs revenus grâce à l'agriculture de subsistance.

En général, on peut dire que les ménages disposant de sources de revenus diversifiées sont les moins exposés à la baisse de la dynamique économique locale, aux aléas agricoles ainsi qu'aux chocs de différents ordres. La population rurale, qui est plus exposée aux aléas naturels, a déjà modifié ses sources de revenus à dominante agricoles à un recours plus fort sur les transferts.

Capital physique

La situation générale de l'infrastructure (routes, réseau électrique et logements) est relativement satisfaisante. Cependant, les ruraux d'Agdz disposent d'infrastructures limitées de santé. La population rurale de la région est plus exposée aux chocs (problèmes de santé graves ou accouchement) et souffre de la faible disponibilité et accessibilité aux infrastructures en comparaison avec les habitants de zones urbaines.

Capital humain

Le taux d'analphabétisme dans la province d'Ouarzazate est élevé..Près de 70% de la population totale dans la vallée du Drâa est analphabète: 47% des hommes et près de 89% des femmes. Concernant les femmes, le nombre total cache une répartition inégale entre les zones rurales (91,7%) et les zones urbaines (68,9%) dans la vallée du Drâa. Dans l'ensemble, il ya une grave pénurie d'infrastructures éducatives dans les zones rurales, tandis que la disponibilité dans les zones urbaines est meilleure.

La ville d'Ouarzazate dispose d'une université par satellite, qui appartient à l'Université Ibn Zohr d'Agadir. L'investissement dans l'éducation des enfants est l'une des priorités des ménages qui consomme une quantité importante de leur revenu.

Capital social

Les coutumes et les institutions fondées sur les origines tribales et ethniques dans la vallée du Drâa sont reflétées dans la structure sociale de la région. Pendant les sécheresses et autres périodes de stress, ces institutions sociales jouent un rôle important pour faire valoir la solidarité sociale avec les groupes marginalisés.

La cohésion sociale dans la ville d'Ouarzazate est bonne avec un fort sentiment de solidarité dans la communauté. Les voisins et la communauté fournissent une aide morale, physique et financière pour les membres de la communauté en cas de besoin. Les femmes sont plus instruites, travaillent à l'extérieur de la maison et peuvent même se déplacer dans différentes villes pour trouver du travail et envoyer de l'argent (figure 20).

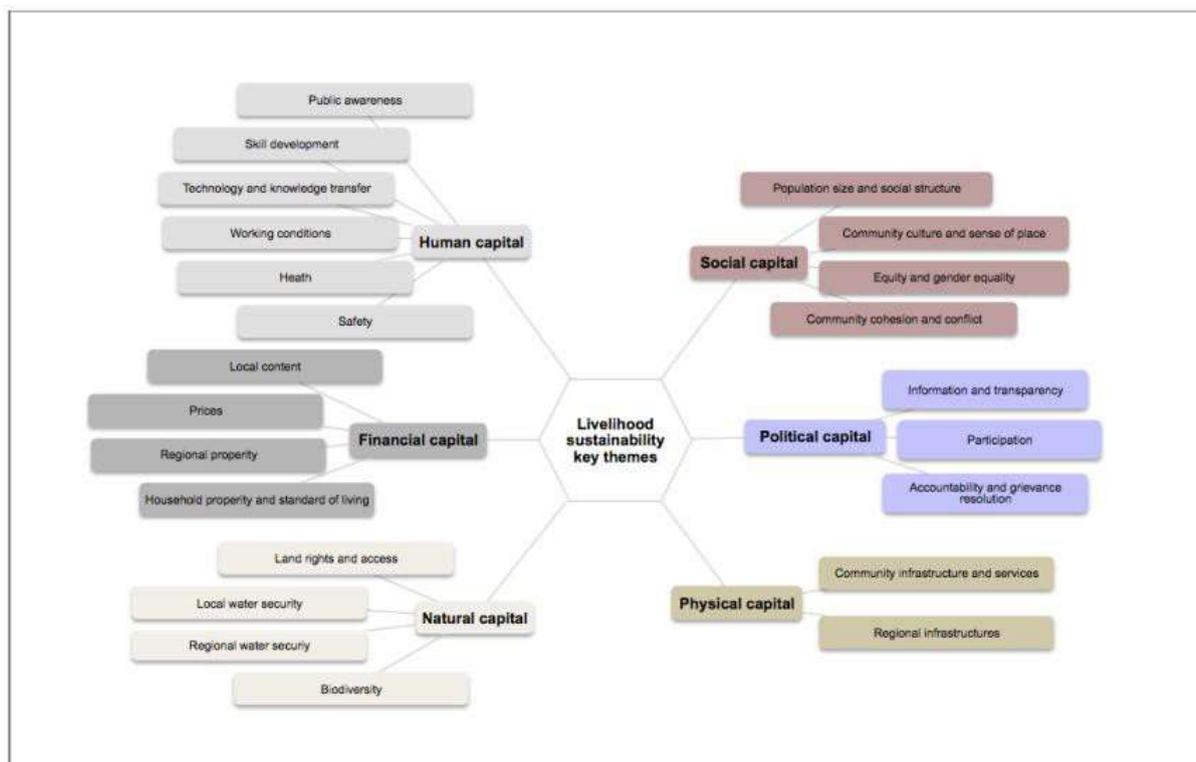


Figure 20. Principaux capitaux et moyens d'existence durable dans la région d'Ouarzazate et environs (Maroc) Source: Institute for Climate, Environment and Energy; Germanwatch, 2015)

3.3. Application de l'approche SLA en Egypte

Cette section a été basée sur l'exemple d'étude réalisée dans trois régions des systèmes de production agro pastoraux (Egypte) (Alary et al, 2011)

Analyse du contexte

L'étude a tenté d'évaluer la contribution de l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins) pour réduire la pauvreté et la vulnérabilité dans les systèmes agricoles ruraux de trois zones agro-écologiques en Egypte: la zone pastorale de la région Nord-Ouest côtière (Matrouh), les zones irriguées dans la vallée du Nil (gouvernorat de Sohag) et la zone d'oasis dans le (gouvernorat de la Nouvelle Vallée) Désert de l'ouest.

Les résultats montrent différentes contributions des espèces animales aux moyens de subsistance des ménages selon les dotations d'actifs, les environnements sociaux et agro-écologiques. Pour les paysans sans terre et très petits propriétaires terriens, les ovins et caprins contribuent à fournir la principale source de revenus permettant d'échapper à la pauvreté. Les résultats montrent également certains écarts entre les immobilisations et la pauvreté, en particulier pour les grands éleveurs dans les zones pastorales et agro-pastorales de Matrouh. L'actif de l'élevage génère d'autres sources de richesses qui ne sont pas pris en compte dans l'approche monétaire de la pauvreté.



Figure 21. Carte de localisation des trois sites étudiés en Egypte

Source : Alary et al (2011)

Moyens de subsistance et pauvreté

Quatre groupes ont été définis: groupe 1. Les très pauvres avec moins de 1,25 \$ US par habitant; groupe 2. Les pauvres entre 1,25 et 2 \$ US par habitant; groupe 3. Les moyens: 2 à 6 \$ US par habitant et groupe 4. Les riches: plus de 6 \$ US par habitant. La figure 22 décrit la répartition de l'échantillon pour chaque région et chaque groupe.

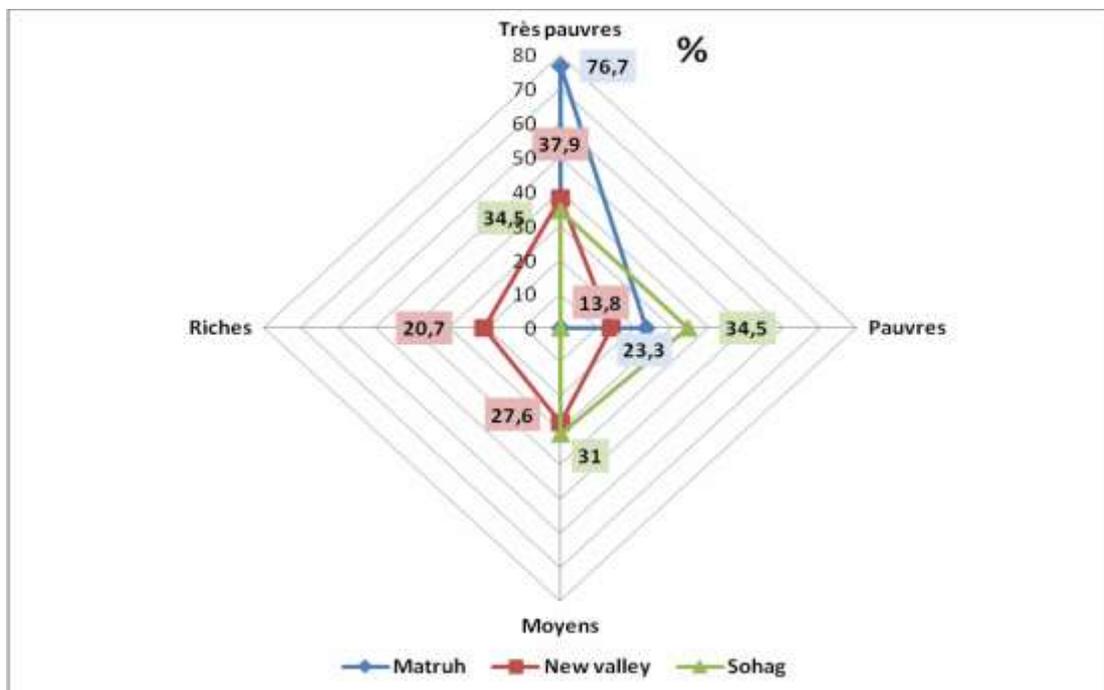


Figure 22. Répartition de l'échantillon entre les différents niveaux de la pauvreté (%)

Source : Alary et al (2011)

Les radars des actifs donnent quelques indicateurs pour comprendre les différents rôles des activités pour échapper à la pauvreté (figure 23).

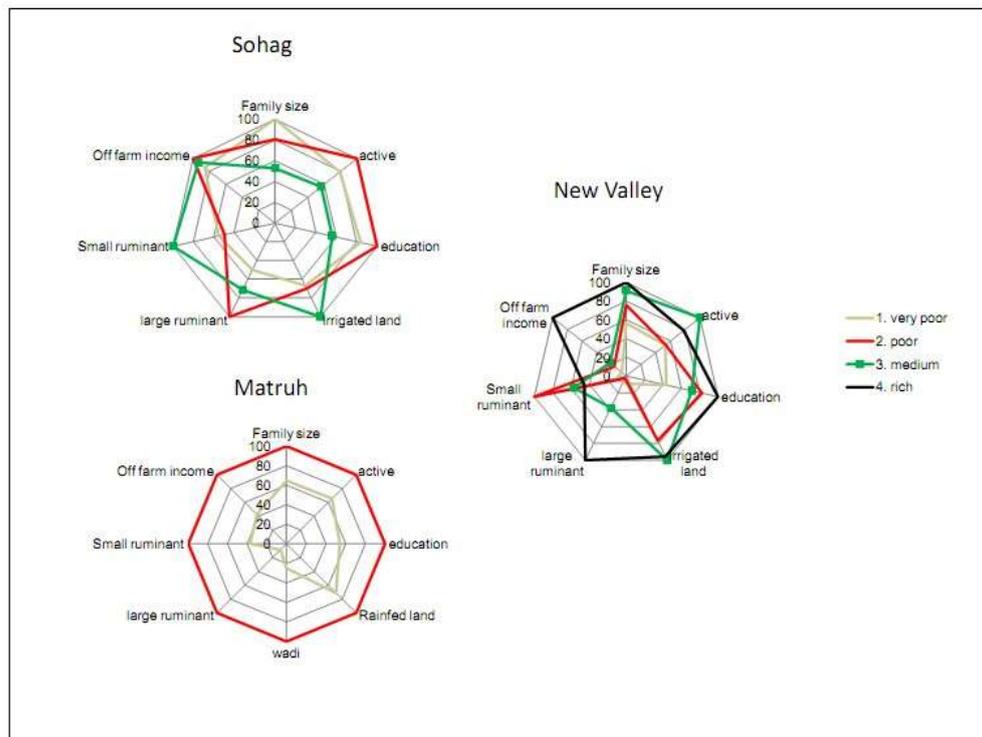


Figure 23. Radars des actifs dans les trois régions (Egypt)

Source : Alary et al (2011)

Les facteurs aidant à échapper à la pauvreté sont plus diversifiés et ils sont bien intégrés dans l'histoire de chaque région. Par exemple, à Matruh, outre la large diversification agricole, les projets de développement gouvernementaux, tels que le projet de gestion des ressources naturelles de Matruh (PGRN), constitue un moyen de lutte contre la pauvreté. En effet, les projets de développement ont soutenu le développement de nombreuses activités avec des subventions aux éleveurs. Dans la région de Sohag et de la Nouvelle Vallée, les projets de développement fournissent principalement des crédits. Le soutien social reflète principalement le développement du réseau social pour obtenir l'emploi, faciliter la migration, recevoir un soutien social (associations religieuses), l'accès aux prêts et aux échanges d'animaux, etc. Le développement de l'élevage est principalement cité comme un moyen d'échapper à la pauvreté dans la région de Matruh où l'élevage représente le principal atout pour faire face à des conditions climatiques sévères.

3.4. Application de l'approche SLA en Tunisie

En Tunisie, l'approche SLA a fait l'objet de certaines applications dont les plus importantes sont celles réalisées dans le cadre du projet LADA/FAO (2010) dans trois gouvernorats de la Tunisie (Kasserine Centre ouest, Siliana au Centre et Médenine au sud est) (figure 24). Le projet M&M/ICARDA et les projets CRP dry land system (2011-2015) et WLI/USAID/ICARDA (2012-2015) ont également entrepris des applications notamment en collaboration avec l'Institut des Régions Arides IRA, INAT et INRAT.

Dans ce qui suit nous présenterons une synthèse des résultats obtenus dans la région de Kasserine et de Médenine.

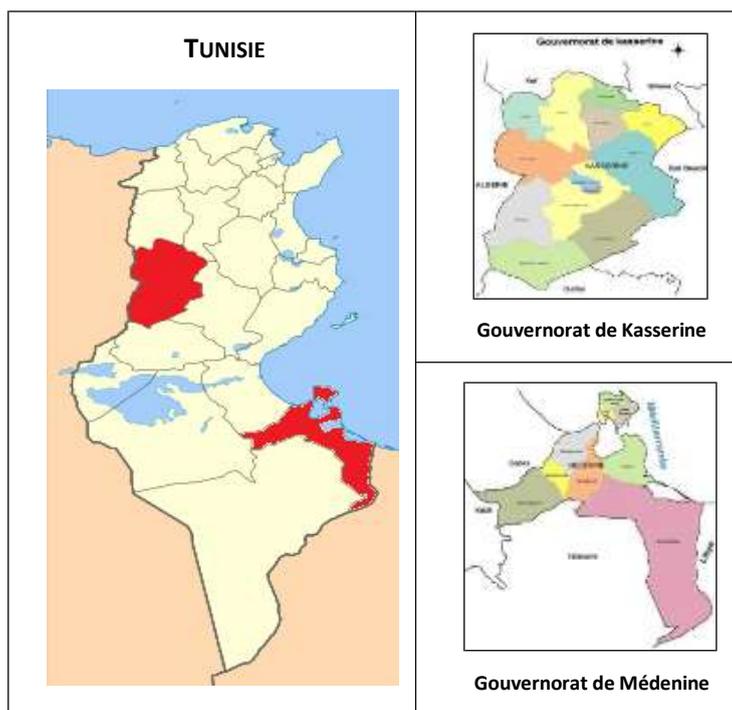


Figure 24. Carte de localisation des études de cas en Tunisie

Cas de Kesserine

L'analyse des moyens d'existence des ménages est basée sur l'approche des moyens d'existence durable (MED) qui permet de comprendre et d'analyser les moyens d'existence des ménages dans le but d'améliorer leur efficacité. Cette approche développe le cadre conceptuel suivant :

La typologie des ménages repose sur la notion de *groupe de moyens d'existence* qui définit des ménages présentant des similitudes vis-à-vis des niveaux d'accessibilité aux différents types d'actifs. Le recours à cette typologie a permis de constater que les stratégies des moyens d'existence des ménages enquêtés sont fortement contrastées et a conduit à la classification des ménages en trois groupes distincts révélés par les pentagones moyens des capitaux ci après présenté (figure 25).

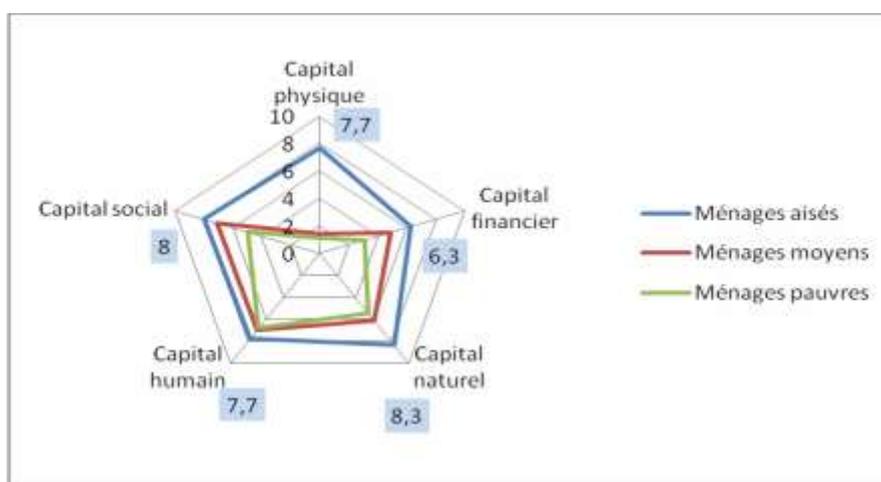


Figure 25. Pentagones des capitaux selon la typologie des ménages (degrés de richesse) dans le gouvernorat de Kasserine (Tunisie)

Source: Propre élaboration sur la base des données FAO/LADA (2010)

Groupe des moyens d'existence des ménages dits aisés : Il décrit les ménages qui réalisent des scores élevés traduisant de bons niveaux d'accessibilité aux cinq types de capitaux, en général. Le pentagone moyen des capitaux de ces ménages présente une structure presque équilibrée. Cette catégorie des ménages dispose des biens et des ressources qui leur permettent de faire face aux aléas et aux tendances de la vulnérabilité à long terme. La distorsion légère du capital financier s'explique d'une part par les paiements des prêts et d'autre part par un manque de précision volontaire des déclarations. Cette catégorie des ménages dispose des biens et des ressources qui leur permettent de faire face aux aléas et aux tendances de la vulnérabilité à long terme. C'est ce qui explique en partie leur forte implication dans les nouveaux modes de production et d'utilisation de l'espace.

Groupe des moyens d'existence des ménages dits moyens: Il est composé des ménages qui réalisent des scores moyens à faibles indiquant des niveaux inégaux d'accessibilité aux cinq types de capitaux. Le pentagone moyen des capitaux de ces ménages présente une structure déséquilibrée décrivant une distorsion vers les actifs sociaux, humains et naturels. Cette situation caractérise un mode de production mixte ou prédomine encore le système pastoral extensif axé principalement sur l'utilisation des ressources naturelles (parcours). La faiblesse relative des actifs financiers n'a pas permis à ces ménages de s'impliquer de manière significative dans les nouveaux systèmes d'utilisation de la terre. Les stratégies des moyens d'existence élaborées sont peu cohérentes et précaires. Elles révèlent une sous utilisation des autres actifs, le poids des contraintes de vulnérabilité et une utilisation non durable des terres qui maintient les pressions sur les milieux. Les résultats de ces stratégies indiquent que ces ménages ne semblent pas avoir accès à l'encadrement adéquat et à l'information qui leur permettent de tirer profit des politiques et des institutions au niveau régional. En témoigne l'absence d'accès aux crédits et subventions.

Groupe des moyens d'existence des ménages dits pauvres : Il est composé des ménages qui réalisent des scores faibles à très faibles traduisant des niveaux bas à très bas d'accessibilité aux capitaux physique, financier, naturel et social. Le pentagone moyen des capitaux de ces ménages présente une structure très déséquilibrée révélant une forte distorsion vers le capital humain. Cette situation caractérise un mode de production pastoral extensif axé principalement sur l'utilisation des ressources humaines et naturelles. Les actifs financiers et physiques étant restés faibles, les ménages n'ont pas les capacités d'élaborer des stratégies viables des moyens d'existence. Ceci sous tend que ces ménages vont maintenir les pressions sur les maigres ressources du milieu et qu'ils vont continuer à subir les contraintes de vulnérabilité d'autant plus que le capital relationnel (social) est également faible. Cette précarité des moyens d'existence des ménages semble liée à une sorte d'enclavement qui ne cadre pas avec les mutations qui sont entrain de modeler, de restructurer les paysages ruraux de la région (FAO/LADA, 2010).

Cas de Médenine

Les capitaux et moyens d'existence dans la région de Médenine sont décrits par la figure 26.

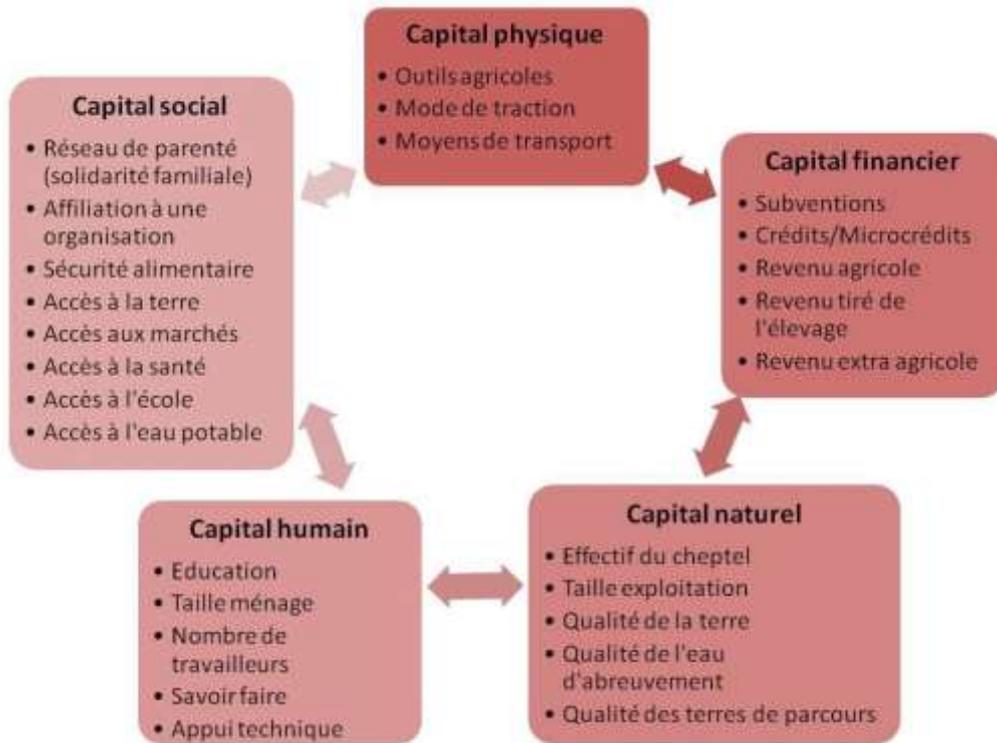
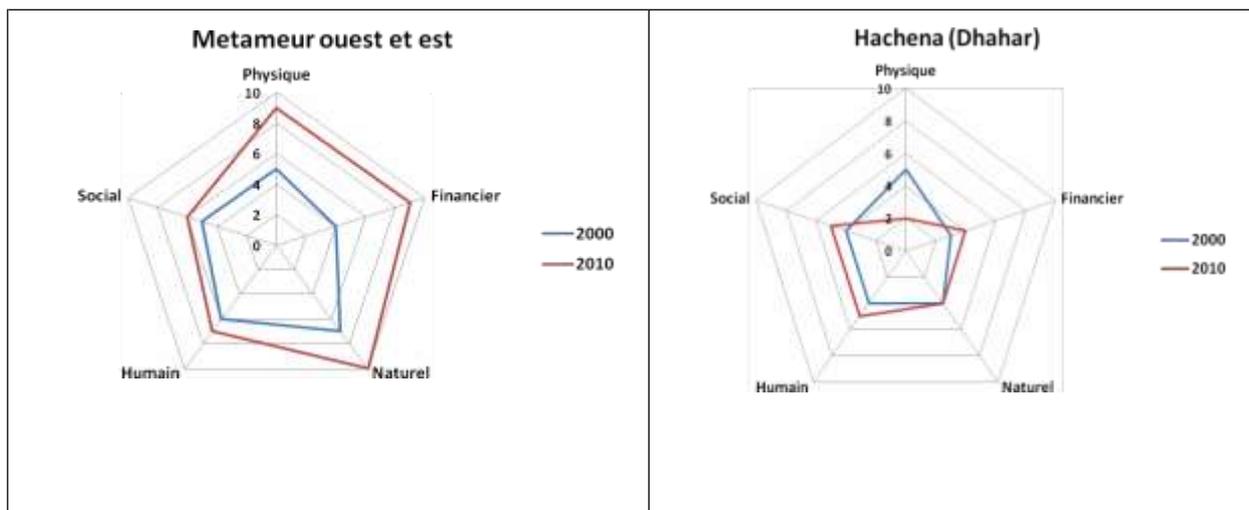


Figure 26. Les capitaux et moyens d'existence dans la région de Médenine

Source : Propre élaboration sur la base des données de Sghaier et al 2010

La figure 27 présente les pentagones des capitaux et leur évolution pendant la décennie 2000-2010. La tendance générale est l'extension de certains capitaux notamment, financier, social et humain contre un rétrécissement des capitaux naturel et physique dans certains cas (Hechana, et Sebkhha).



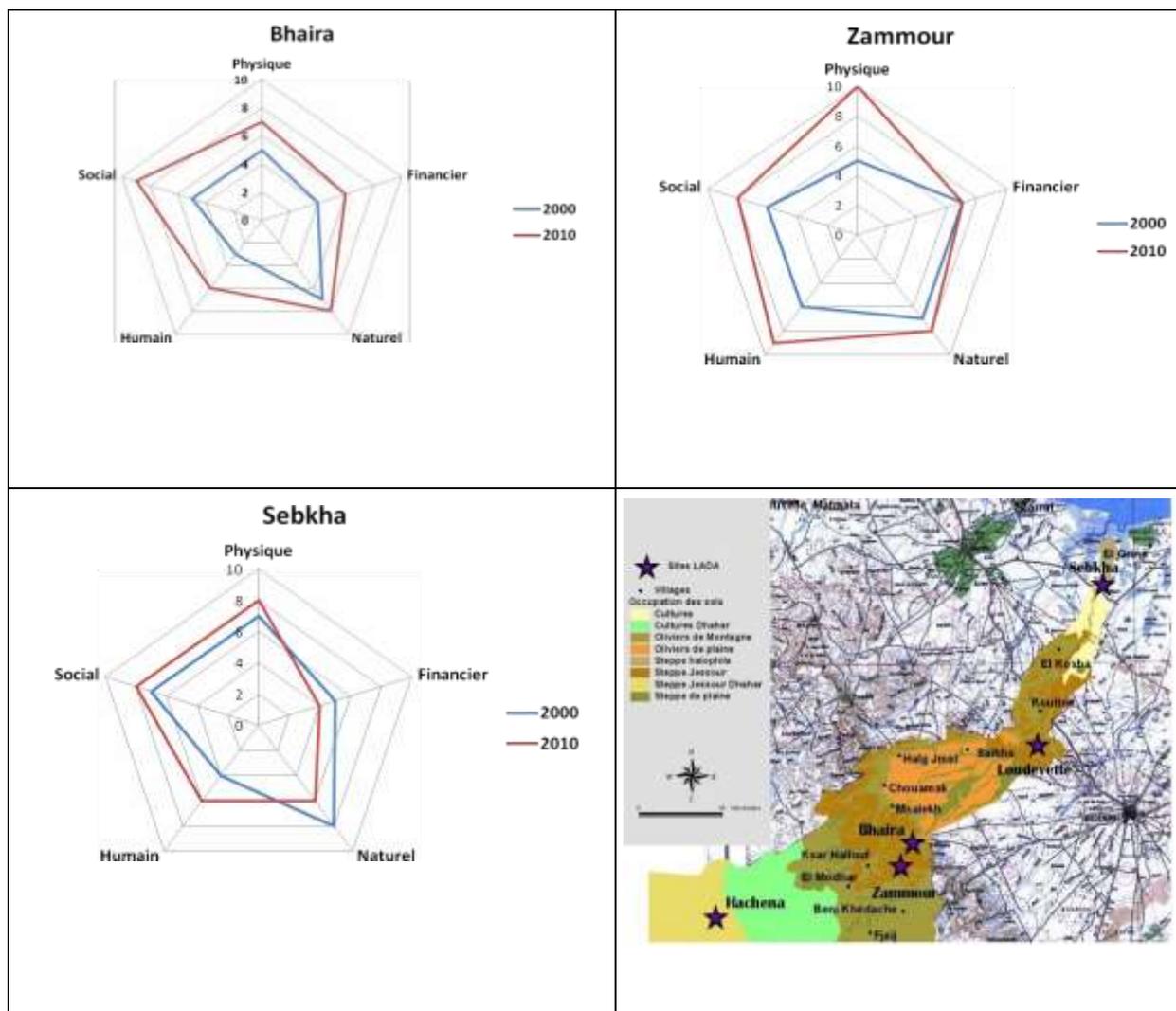


Figure 27. Pentagones des capitaux et leur évolution pendant la décennie 2000-2010 zone dans la région de Médenine Source : Sghaier M., Fetoui M. et al, 2010

Sghaier et al (2015) ont proposé l'évolution des tendances des cinq capitaux dans la région de la Jeffara (sud est tunisien) comme l'illustre la figure 28. En effet, les ménages ruraux sont très optimistes concernant les quatre capitaux (humain, social, physique et financier) qui devraient s'accroître dans le futur, contrairement au capital naturel qui devrait diminuer au fil du temps en raison de l'augmentation des exigences en matière d'exploitation des ressources naturelles, l'eau, le sol et la végétation..

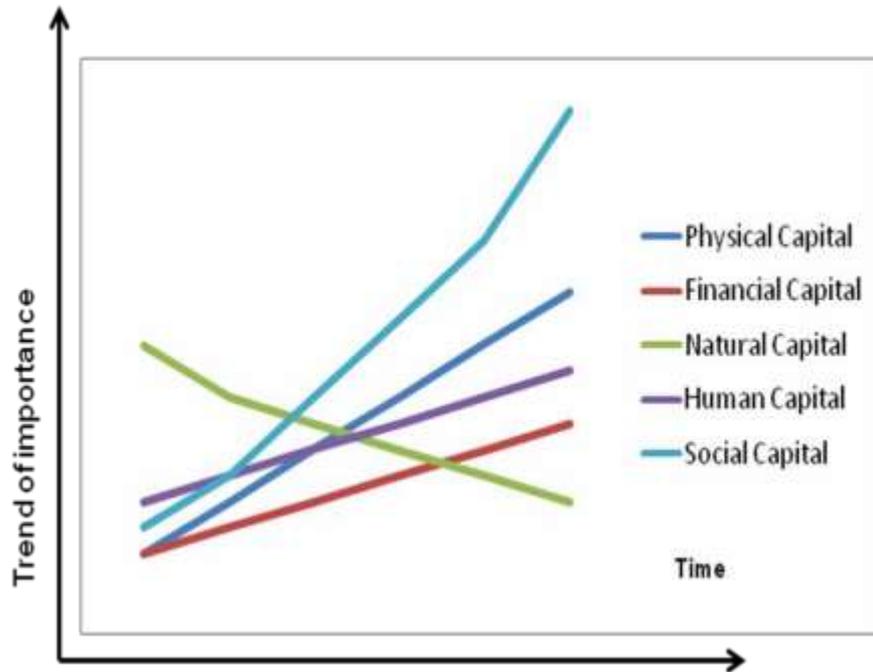


Figure 28. Tendances d'évolution des capitaux dans la région de Médenine (Tunisie)

Source : Sghaier et al (2015)

3.5. Cas de l'Algérie

L'application de l'approche SLA proprement dite en Algérie fait défaut dans la littérature disponible, néanmoins des études et documents⁵ traitent des thématiques pouvant être mises en relation avec le concept de livelihood telles que la pauvreté, le développement humain, les impacts et les stratégies d'adaptation au changement climatique

Au niveau local, les stratégies d'adaptation des communautés et de la population locale au phénomène de changement climatique traduisent la capacité de résilience de ces populations aux changements de toutes sortes. Elles constituent un avantage crucial aux stratégies étatiques ou internationales d'adaptation au CC et doivent faire parties intégrantes de celles-ci. La société civile, les ONGs et les OSB (organisation sociale de base) tant au niveau local, national ou international jouent un rôle prépondérant dans la médiation et l'action pour réduire les effets de ce phénomène global sur les conditions de vie des populations vulnérables et des environnements naturels sensibles.

4. Classification des différents moyens de subsistance (Livelihoods) en fonction des sources de revenus

Les sources de revenus des ménages dans les régions arides et désertiques de la région MENA renseignent sur l'importance du capital financier dans les différents moyens de subsistance (Livelihoods).

D'après les études de cas, ces sources de revenus sont multiples et diversifiées pour garantir aux ménages ruraux vulnérables un minimum selon les circonstances et les conditions climatiques ou

⁵ MEAT (2010) ; République Algérienne, PNUD (2009) ; Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche et PNUD (2015)

socio économiques. Ceci confirme les habitudes historiques de sociétés des régions arides qui priorisent la sécurité alimentaire et économique pour pallier aux changements et risques de toutes sortes.

Ces sources de revenus proviennent des ventes des produits agricoles et d'élevage, des ventes des stocks accumulés durant les périodes précédentes, de l'épargne, des activités non agricoles tels que l'artisanat, le tourisme, les services commerces, location des l'effort humain en contre partie de salaires dans des secteurs économiques comme le bâtiment, les chantiers de l'Etat , l'industrie, l'administration et autres activités salariales dans la région, des envois de fonds réguliers en provenance de l'émigration régional, nationale ou internationale, les crédits de toutes sortes notamment les formes de solidarité des groupes, des banques, des agences, des ONGs etc., des pensions, la vente du capital physique tels que le bétail et les terres qui sont utilisés pour des investissements financiers pour générer des revenus.

En Jordanie par exemple, les ménages bénéficient d'apports de fonds importants en provenance d'une part de l'aide publique au développement et d'autre part des envois de fonds des Jordaniens travaillant à l'étranger, bien que de tels flux sont vulnérables aux chocs et aux tendances climatiques. L'accès au crédit est un axe majeur de la politique de développement du gouvernement en Jordanie, en particulier pour les couches les plus pauvres de la communauté. Au cours des cinq dernières années, plus de 80.000 personnes ont bénéficié de prêts.

Au Maroc (cas d'Ouarzazate), la plupart des ménages dépendent de plus d'une source de revenu (2 à 5). En général, il peut être indiqué que les ménages disposant de revenus diversifiés ont un meilleur résultat de subsistance que ceux reposant uniquement sur une source unique de revenu. En outre, dans la ville d'Ouarzazate, l'emploi et l'auto-emploi offrent les principales sources de revenu. Les activités agricoles gagnent un peu plus d'importance dans les autres régions oasiennes et pastorales, alors que seule une minorité de personnes se base uniquement sur l'agriculture comme leur principale source de revenus.

Cependant, l'agriculture a souvent été mentionnée comme une source supplémentaire de revenus, même à Agdz, qui peut être considéré comme semi-urbaine. Le déclin de l'importance de l'agriculture comme source de revenu est contrastée par une dépendance accrue des transferts de fonds en provenance de l'émigration. Dans la municipalité de Ghassate, presque toutes les familles comptent sur les transferts de fonds pour leurs moyens de subsistance, et à Agdz la majorité des personnes interrogées reçoivent des envois de fonds des membres de leurs familles. Dans la ville d'Ouarzazate et Idelsane, la dépendance des envois de fonds ne sont pas aussi prononcée que dans les deux autres domaines. L'abandon de l'agriculture vulnérable est catalysé par la sécheresse durable et la perte de rendements qui en résulte.

En Tunisie, les ménages dans les sites d'évaluation tirent leurs revenus des activités telles que l'agriculture, l'exploitation des ressources végétales (collecte d'alfa pour l'industrie papetière), l'élevage et accessoirement d'autres sources de revenus comme la fonction publique, les petits métiers et les transferts d'argents (figure 29).

L'agriculture demeure la principale source de revenu des ménages puisque 62,3% des revenus sont issus de l'activité agricole en général (y compris l'élevage). 58,2% des ménages ruraux vivent entièrement de leurs exploitations.

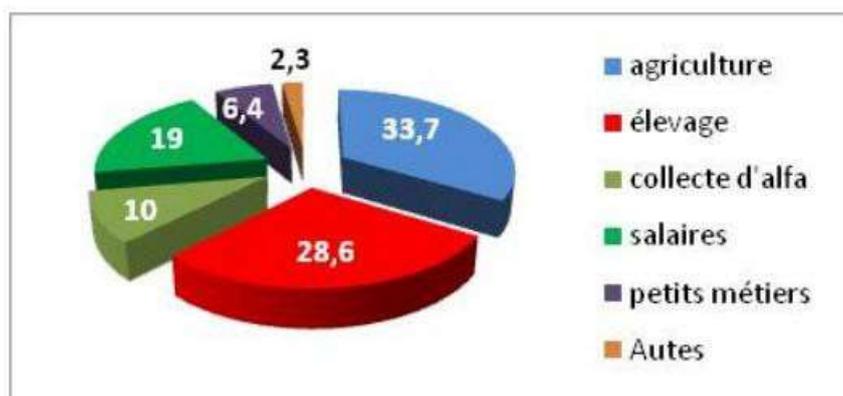


Figure 29. Structure du revenu des ménages dans la région de Kasserine (Tunisie) Source: FAO/LADA (2010)

En Egypte, pour les paysans sans terre et très petits propriétaires terriens, les ovins et caprins permettent de fournir la principale source de revenus pour échapper au piège de la pauvreté. Ces résultats montrent également certains écarts entre les immobilisations et la pauvreté, en particulier pour les grands éleveurs dans les zones pastorales et agro-pastorales de Matrouh. L'actif de l'élevage génère d'autres sources de richesses qui ne sont pas pris en compte dans la pauvreté monétaire. Cet écart entre la vulnérabilité et la pauvreté monétaire sera discutée (Alary et al, 2010).

L'accès limité au financement reste une contrainte clé pour le développement de l'économie rurale. Seulement 10% des adultes égyptiens ont accès aux services financiers formels et moins de 4% des adultes égyptiens a pris un prêt d'une institution financière durant la dernière année. Le secteur bancaire commercial a des liquidités considérables, mais il n'a pas l'appétit du risque pour offrir des services au secteur de l'agriculture. La Banque centrale d'Egypte (CBE) rapporte que les prêts bancaires aux moyens et petits exploitants restent limitées à moins de 1% du total des prêts et que le secteur de l'agriculture reçoit moins de 5% du crédit total de banque commerciale. Le gouvernement a établi des voies alternatives pour la fourniture de la finance rurale. Avec l'aide des donateurs, il a établi le Fonds social de développement (FSD) et le Programme de développement agricole (ADP). Ceux-ci fournissent des services financiers dans les zones rurales et le secteur de l'agriculture par le biais de lignes de crédit spéciales dirigées. Le FSD est aujourd'hui un acteur majeur dans la fourniture de la micro finance dans le pays et opère en tant que grossiste de services financiers à travers ses fenêtres de Micro finance et petite entreprise. Le Programme de développement de l'agriculture (ADP) est un fonds détenu par le ministère de l'Agriculture (IFAD_b, 2014).

5. Analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations face aux effets du changement climatique

Cette section se focalise sur l'analyse des risques et de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations des régions arides et désertiques de la région MENA face aux effets du changement climatique.

L'analyse est illustrée par des études de cas pertinentes réalisées dans les pays concernés par le projet MENA/DELP.

Cette section comprend également un essai d'évaluation de la vulnérabilité au niveaux des pays et de la région MENA en se basant sur l'indice de vulnérabilité des moyens d'existence (LVI: Livelihood Vulnerability Index) du GIEC (LVI-IPCC).

5.1. introduction

La prise de conscience internationale et la reconnaissance mondiale des effets des Changements Climatiques (CC) sur les conditions socio économiques et les moyens d'existence (livelihood) des populations et sur les écosystèmes ont été confirmées depuis le Sommet de la terre à Rio en 1992.

En effet, l'entrée en vigueur de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNCCC) en 1994 et les différents rapports d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernementaux (GIEC⁶) pour l'étude du climat ont mis en évidence l'existence de changements exceptionnels à l'échelle de milliers d'années et de changements non seulement dus à la variabilité naturelle de tout climat, mais également à des facteurs liés aux activités humaines.

Par ailleurs, il y a un consensus croissant que le changement climatique est le défi le plus difficile à relever dans l'histoire récente du point de vue du bien-être humain. L'ampleur de l'impact serait grandement différent d'un pays à l'autre et la région MENA est considérée comme l'une des régions les plus vulnérables, notamment en Egypte où les impacts attendus du CC auront des répercussions socio-économiques graves, affectant une grande partie du pays (Dasgupta et al. , 2007).

Les événements extrêmes tels que les crues subites et les sécheresses, sont l'une des principales manifestations du changement climatique. Ils impactent des milliers de vies et menacent des centaines de milliers de blessés, à côté des milliards de dollars de pertes économiques chaque année (DFID, 2004). Dans les pays en développement, les événements extrêmes représentent une source majeure de risque pour les pauvres et peuvent potentiellement détruire les acquis du développement et de ne pas atteindre les Objectifs de Développement du Millénaire (ONU, 2000). En raison de leur importance globale, étendue spatiale et l'étendue des impacts, l'exposition aux risques de sécheresse et d'inondation constitue un élément important de la vulnérabilité et elle est traitée dans les évaluations de la vulnérabilité et la capacité d'adaptation.

La région MENA est l'une des régions les plus exposées au CC au vu de l'aridité du climat dans une large partie de ses territoires. Ainsi, l'agriculture et le développement rural dans la région font face à de sérieux défis, les prévisions estiment que d'ici 2080, la production agricole pourrait diminuer de 40%. Dans de nombreuses zones de la région, la demande en eau dépasse déjà l'offre. Bien que la région contribue relativement peu aux émissions de gaz à effet de serre, il sera parmi les plus touchés par le changement climatique. Les experts du climat prévoient qu'à l'avenir, le climat deviendra plus chaud, plus sec et plus variable.

Dans une certaine mesure, la région a un avantage en ce que ses habitants se sont adaptés à des températures élevées et de la rareté de l'eau pour des milliers d'années, et ont développé des stratégies pour faire face à ces contraintes environnementales. La région est un référentiel de connaissances traditionnelles et institutionnelles qui pourraient être largement appliquée dans les efforts visant à lutter contre le changement climatique à travers le monde.

En effet, dans la région MENA, les zones touchées par la sécheresse vont probablement devenir plus largement distribués, entraînant un stress plus répandu de l'eau, un risque accru de pénurie d'eau et de nourriture et, par conséquent, de la malnutrition. Les conséquences les plus graves du changement climatique seront probablement sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations tributaires de l'agriculture dans les pays vulnérables. La plupart des estimations indiquent que le changement climatique est susceptible de réduire la productivité agricole, la

⁶ Le GIEC est à son 5^{ème} rapport d'évaluation.

stabilité de la production et des revenus dans les zones qui connaissent déjà des niveaux élevés d'insécurité alimentaire.

Les changements à long terme auront comme conséquence de déplacer les saisons de production, augmenter la variabilité de l'offre et de risques dans l'agriculture, l'élevage, la sylviculture et de contribuer à l'émergence de nouvelles maladies animales et végétales. En outre, les changements de température et de précipitations peuvent favoriser des flambées d'infestations d'insectes sur les forêts et les plantations d'arbres. La sécheresse, les températures plus chaudes et les vents changeants résultant du changement climatique augmentera le risque et la fréquence des feux de forêt.

5.2. Analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations au CC dans la région MENA : études de cas

5.2.1. Application de l'approche SLA dans la région de Ras Sudr (Snai, Egypte)

i. Analyse du contexte

Située au sud de Sinai, Ras Sudr est l'une des zones vulnérables de l'Egypte aux externalités climatiques, y compris la sécheresse et les crues brusques.

Les principaux habitants de Ras Sudr sont des Bédouins qui vivent dans la région montagneuse où le pâturage et l'agriculture constituent leurs principales activités. Une proportion de la population occupe la région urbaine située en aval dans la plaine inondable). Ce groupe est également occupé par l'agriculture, les petites entreprises et l'administration. La population pastorale Bédouine, en particulier ceux qui vivent en amont, est largement tributaire des écosystèmes pastoraux pour la fourniture d'un certain nombre de services essentiels.

Cette communauté est très vulnérable à la sécheresse, avec ses inconvénients graves sur les ressources de pâturage, l'agriculture et l'eau. D'autre part, ceux qui vivent dans les plaines inondables sont plus vulnérables aux crues subites et brutales (Ahmed M.T., 2012).

ii. Analyse des capitaux du livelihood de la population de la région of Ras Sudr (Sinai, Egypte)

Les principaux capitaux, leurs composantes et les indicateurs correspondants, ayant servi à calculer l'indice de vulnérabilité du livelihood sont décrits par le tableau 5.

Tableau 4. Capitaux du livelihood de la population de la région of Ras Sudr (Sinai, Egypte)

Capitaux	Composants	Indicateurs
Capital humain	Santé	Temps moyen pour atteindre le centre de santé le plus proche
		% des Bédouins disposant de toilettes non connectées à un réseau d'égouts
	Aliment	Inverse de l'indice de diversification des cultures
		Accroissement des prix
Connaissances	et	Inverse de l'indice d'éducation

	compétences	% des Bédouins avec un membre de la famille qui n'a pas pris aucune formation professionnelle
Capital naturel	Terres	% des terres infectées par des extrêmes liés au climat (inondations)
		% des terres infecté par des extrêmes liés au climat (sécheresse).
		Inverse de l'indice de la productivité des terres
		Temps moyen pour chercher du bois
	Pâturages	Inverse de la superficie de pâturages
	Eau	% des Bédouins qui ne disposent pas de service de l'eau
		% des Bédouins qui ne disposent pas d'eau de robinet dans la maison
		% des Bédouins déclarant qu'ils ont entendu de conflits sur l'eau dans la communauté
		Temps moyen pour chercher de l'eau potable
	Catastrophes naturelles	Nombre moyen d'inondation dans les 6 dernières années
		% des Bédouins ayant déclaré qu'ils ont eu la mort d'un membre de la famille en raison de catastrophes climatiques
		% des Bédouins ayant déclaré une blessure d'un membre de la famille en raison de catastrophes climatiques
Capital social	Réseaux et relations	% des Bédouins qui n'ont reçu aucun type de soutien et d'aide de voisins et des agences locales du gouvernement suite aux inondations
		% des Bédouins qui ne sont pas allés au gouvernement local pour tout type d'aide pendant les 12 derniers mois
		Ratio de dépendance
	Démographie	Taille moyenne de la famille de Bédouins
Capital financier	Avoirs	Inverse de l'indice moyen de diversification des moyens de subsistance agricoles
		Inverse de l'indice moyen de possession des terres (taille de la terre en possession)
	Finance	Inverse de l'indice de revenu
		% des bédouins tributaires de l'agriculture comme source de revenus
Capital	Route	% de la dégradation des routes après les inondations

physique	Puits	% des puits (peu profonde, profonde) endommagés après les inondations
	Pompes électriques	% de pompes électriques endommagées après les inondations

Source: Adapted from Ahmed M.T. (2012)

iii. Analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence de la population de la région of Ras Sudr (Sinai, Egypte)

L'évaluation de la vulnérabilité des moyens d'existence de la population de la région of Ras Sudr (Sinai, Egypte) s'est basée sur l'approche de calcul de l'indice de la vulnérabilité des moyens d'existence (LVI: Livelihood Vulnerability Index) qui est un indice composite qui prend une valeur de 0 à 1 (0 dénotant moins vulnérable et 1 désignant hautement vulnérable).

Ahmed (2012) a estimé le LVI général dans le milieu rural et urbain respectivement à 0,502 et 0,376 traduisant ainsi un degré de vulnérabilité plus élevé en milieu rural (figure 30).

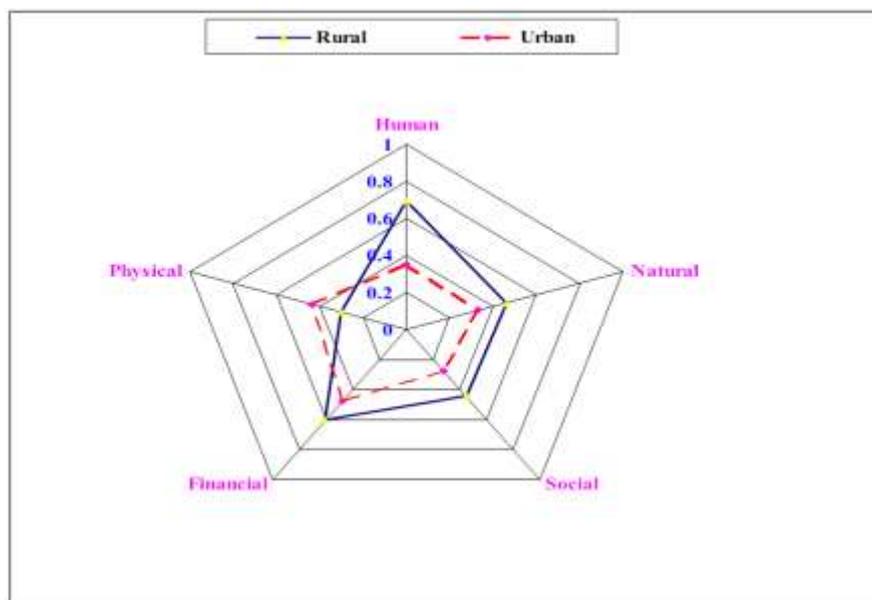


Figure 30. Radar de Vulnérabilité des cinq capitaux dans la région de Ras Sudr (Sinai, Egypte)

Source: Mohamed Tawfic Ahmed (2012)

L'indice de vulnérabilité proposé par le GIEC (GIEC VI ou LVI-IPCC), et se rapportant à la définition du GIEC de vulnérabilité, est calculé selon la formule suivante:

$$GIEC-VI (IPCCVI) = [indice d'exposition - adaptative indice de capacité] \times indice de sensibilité$$

Cet indice varie de -1 à +1, -1 représente moins vulnérable (la capacité d'adaptation est plus élevée que l'exposition), 0 désigne modérément vulnérable (exposition et capacité d'adaptation sont égales) et 1 désigne extrêmement vulnérables (l'exposition est plus élevée que la capacité d'adaptation).

Les principales composantes ainsi que les facteurs contribuant à la vulnérabilité de la population sont décrits dans le tableau 5.

Tableau 5. Facteurs du GIEC contribuant à la vulnérabilité: les principales composantes

Composantes	Facteurs
Exposition	Catastrophes naturelles
	Terrain agricole, pâturage
	Physiques (routes, puits et pompe électriques)
Capacité d'adaptation	Réseau et Relations
	Connaissances et compétences
	Démographie
	Actifs et Finances
Sensibilité	La santé
	Aliments
	L'eau

Le tableau 6 donne le chiffrage des principales composantes et de l'indice GIEC-VI par milieu (urbain et rural) dans la région de Ras Sudr.

Tableau 6. Chiffrage des principales composantes et de l'indice GIEC-VI (LVI-IPCC) par milieu

Composantes	Rural	Urbain
Exposition	0.319	0.415
Capacité d'adaptation	0.417	0.620
Sensibilité	0.582	0.310
LVI-IPCC	-0.057	-0.063

L'analyse a donné des résultats comparables de l'indice de vulnérabilité (LVI-IPCC) avec (LVI-IPCC en milieu rural égal à - 0,057 tandis qu'en milieu urbain il est à 0,063) (tableau 6). La figure 31 montre un triangle de vulnérabilité qui représente les scores de facteurs qui contribuent à l'exposition, capacité d'adaptation, et de la sensibilité. Le triangle a révélé que la population urbaine est plus exposée (0,415) aux impacts des changements climatiques, en comparaison à la population rurale (0,319). Cependant, sur la base de l'état de santé actuel ainsi que la sécurité alimentaire et de l'eau, la population rurale est plus sensible aux effets du changement climatique que la population urbaine (0.582 contre 0.310, respectivement). Basé sur le réseau des relations, les connaissances et les compétences, la démographie, les actifs et les finances, la population urbaine montre une capacité d'adaptation plus élevée (0,620 contre 0,417 pour la population rurale). La capacité d'adaptation est une propriété inhérente du système qui définit sa capacité à se comporter face au changement et aux risques.

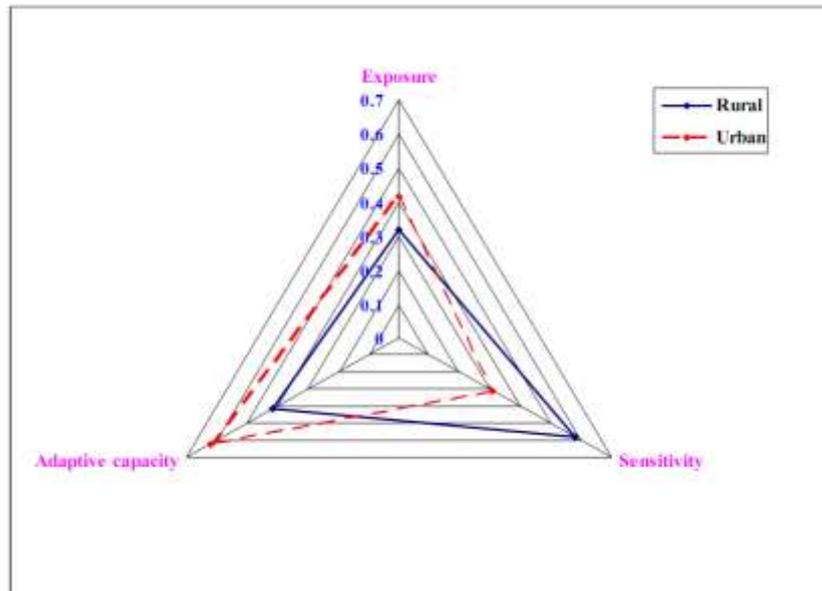


Figure 31. Triangle de vulnérabilité des moyens de subsistance par type de milieu dans la région de Ras Sudr (Egypte) Source: Mohamed Tawfic Ahmed (2012)

5.2.2. Application de l'approche analyse de la vulnérabilité des systèmes pastoraux au CC dans la région de Médenine (sud est de la Tunisie)

Le cas d'étude en Tunisie s'intéresse à l'analyse de vulnérabilité de l'écosystème pastoral dans la région de Médenine au plan socio économiques en appliquant l'approche des services écosystémiques et de la valeur économique totale (VET). Les résultats sont synthétisés en se basant sur le travail de Sghaier (2011) réalisé avec l'appui de la GIZ et le Ministère de l'environnement tunisien.

i. Importance de l'écosystème pastoral dans le gouvernorat de Médenine

Les écosystèmes pastoraux jouent un rôle clé dans la lutte contre la désertification et la conservation de la biodiversité. En effet, l'état des parcours influe sur la couverture végétale des sols qui conduit elle-même à un état donné de dégradation et de désertification. Une mauvaise gestion des espaces pastoraux (surcharge animale, mise en culture, etc.) par exemple peut être à l'origine d'une chute significative de la diversité biologique et une réduction de la stabilité des écosystèmes concernés. Ceci augmente le risque de perte de ces milieux naturels sous l'effet de l'érosion éolienne et hydrique. Les paysages désertiques deviennent alors de plus en plus dominants et la situation écologique se complique davantage.

Dans le gouvernorat de Médenine, Les écosystèmes pastoraux couvrent 600 740 ha soit 12 % et 65,5 % respectivement de la superficie pastorale nationale et de la superficie totale du gouvernorat (916 698 Ha). Les écosystèmes pastoraux représentent également environ 72 % de la superficie agricole utile totale du gouvernorat.

La majeure partie des parcours naturels du Gouvernorat se trouve dans la Délégation de Ben Guerdane (66 %) où l'on trouve 45 % de l'effectif du cheptel. Le reste des parcours est réparti entre les autres Délégations du Gouvernorat à raison de 16 % à Béni Khédache, 11,6 % à Médenine; 6 % à Sidi Makhlouf et 0,6 % à Zarzis. Bio climatiquement, 87 % de ces parcours sont situés dans l'aride et 13 % dans le saharien. Sur le plan foncier, les terrains de parcours se répartissent comme suit:

- 42% de parcours collectifs soumis au régime forestier (164 000 ha à El Ouara et 13 984 ha à Choucha, Délégation de Ben Guerdane; 45 854 ha dans le Dahar et 33 870 ha, Délégation de Béni Khédache) ;
- 34,8% de parcours collectifs non soumis au régime forestier ;
- 22,6% de parcours privés.

ii. Evaluation de la valeur économique perdue

Selon les figures 32 et 33, les productions des principaux biens et services (approvisionnement et séquestration de Carbone) du système pastoral dans le gouvernorat de Médenine seront réduites sous l'effet des scénarios de CC aux horizons 2020 et 2050. En effet, la réduction la plus importante concernera les PAM avec 78% et 81% respectivement aux horizons 2020 et 2050. La production pastorale et la séquestration de Carbone ne seront cependant réduites que de 23% et 26% respectivement aux horizons 2020 et 2050.

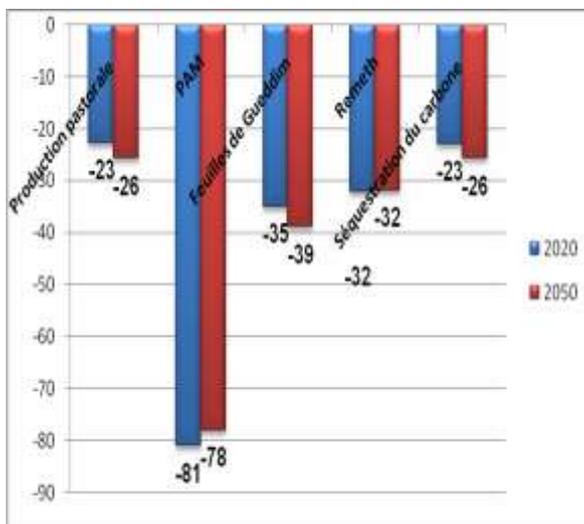


Figure 32. Impact du CC sur la production des principaux biens et services du système pastoral (%)

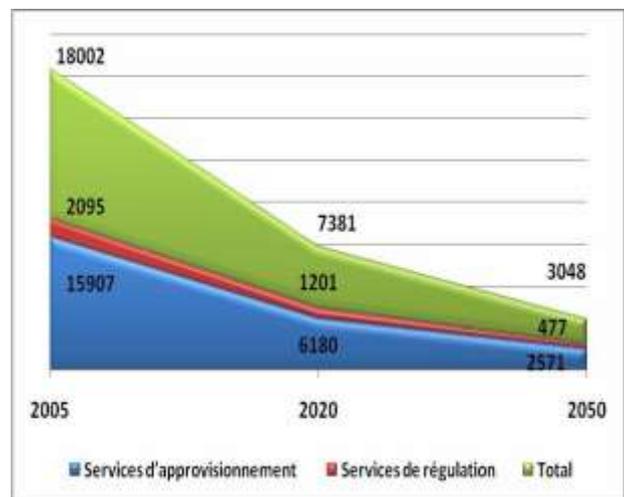


Figure 33. Impact du CC sur la VET par type de services (Avec Actualisation)

En ce qui concerne l'évaluation monétaire de la VET correspondante aux services approvisionnement et de régulation (séquestration de Carbone), les figures 41 et 42 montrent une réduction de la VET actualisée de 59% et 83% respectivement aux horizons 2020 (7 381 000 DT/an) et 2050 (3 048 000 DT/an) par rapport à la situation de référence (18 002 000 DT/an) (année de base : 2005). Les services d'approvisionnement et de régulation (séquestration de Carbone) suivront les mêmes tendances comme le montre la figure 34.

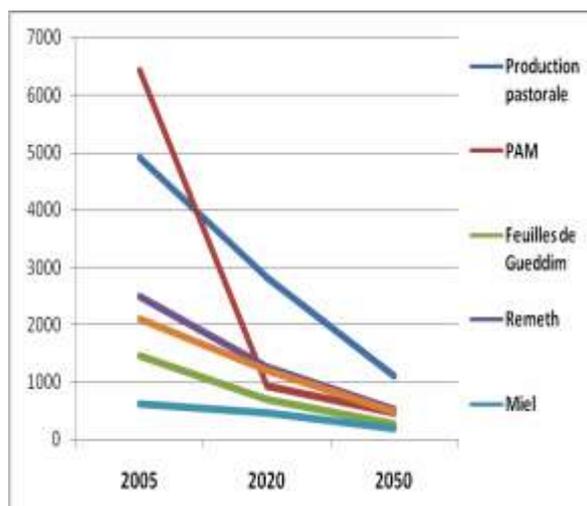


Figure 34. Impact du CC sur la VET par service (Avec Actualisation)

Le travail, qui a été basé sur l'application de l'approche TEEB, a confirmé l'hypothèse que le CC aura un effet négatif sur la VET de l'écosystème pastoral dans le gouvernorat de Médenine. Cet impact négatif se traduira par des pertes économiques d'autant plus importantes à l'horizon 2050. Les services d'approvisionnement et de régulation subiront une dégradation continue de leur potentiel notamment pour les principales plantes aromatiques et médicinales.

Ces impacts auront sans doute des conséquences sensibles sur le livelihood et les revenus de la population et son bien être social, qui aura des effets négatifs sur les niveaux de pauvreté, l'emploi et la création des richesses pouvant affecter le potentiel de développement économique et social aussi bien au niveau local que régional.

Les résultats ont révélés également l'intérêt et la pertinence de l'action face à l'inaction dont les impacts pourraient être lourdement facturés à la société actuelle mais surtout aux générations futures. Par conséquent, la mise en œuvre des stratégies appropriées d'adaptation à court, moyen et long termes se justifie amplement. Des efforts d'affinement de ce type de travaux et leur couplage à des actions de planification et de mise en œuvre de stratégies d'adaptation et d'atténuation au CC s'imposent et deviennent plus qu'une nécessité. Laquelle nécessité impose à la communauté nationale et internationale d'agir et de mobiliser les fonds suffisants pour plaider en faveur de l'action.

6. Evaluation de la vulnérabilité des moyens d'existence au CC dans la région MENA : essai de synthèse régionale

Dans le but d'élaborer une synthèse régionale de l'évaluation de la vulnérabilité des moyens d'existence au CC dans la région MENA, un essai est proposé en se basant sur les acquis des parties A et B et appuyé par l'évaluation du groupe d'experts.

L'approche s'est basée sur l'estimation de l'indice de vulnérabilité des moyens d'existence proposé par le GIEC (LVI-IPCC) et dont un exemple d'application dans la région de Ras Sudr (Egypte) a été présenté plus haut.

Le tableau 7 décrit les composantes, les facteurs et les indicateurs considérés pour estimer l'indice LVI selon l'approche de l'IPCC par pays et pour la région MENA.

Tableau 7. Composantes, facteurs et indicateurs considérés pour estimer l'indice LVI-IPCC à l'échelle régionale.

Composantes	Facteurs	Indicateurs
Exposition	Catastrophes naturelles	Sècheresse
		Inondation
	Terrain agricole, pâturage	Dégradation des terres
		Surpâturage
		Biodiversité
	Physiques (routes, puits et pompe électriques)	Infrastructure routière
		Forages et puits
		Equipements hydrauliques
	Capacité d'adaptation	Réseau et Relations
Coopération internationale, soutien		
Connaissances et compétences		Savoirs faire
		Education
Démographie		Population
		Urbanisation
		Genre (femmes, jeunes, vieux, etc.,)
Actifs et Finances		Richesses ménages
		Revenus
		Accès aux crédits/subventions
		Solidarité sociale
Sensibilité		La santé
	Epidémies	
	Aliments	Sécurité alimentaire

		Dépendance alimentaire
	L'eau	Accès à l'eau potable
		Accès à l'eau d'irrigation
		Qualité de l'eau

L'estimation de l'indice de vulnérabilité par sous composante de l'LVI-IPCC dans les régions arides et désertiques par pays et dans la région MENA révèle que les moyens d'existence sont bien exposés aux catastrophes naturelles (sécheresse et inondation) avec un score de 0,68. D'un autre coté, les terres agricoles et parcours ainsi que les infrastructures prennent respectivement des scores de 0,69 et 0,51 (figure 35).

En ce qui concerne la composante de sensibilité, les facteurs de la santé et des aliments semblent être moyennement sensibles avec des scores de sensibilité respectifs de 0,45 et 0,44. Alors que le facteur eau présente un score de sensibilité relativement élevé de 0,63. Il atteint le score le plus élevé en Jordanie avec 0,83. Ce qui traduit bien l'extrême importance de l'eau pour expliquer la vulnérabilité globale de Livelihoods dans la région MENA.

D'autre part, les facteurs caractérisant la composante de la capacité d'adaptation prennent des scores relativement assez bien avec 0,55 et 0,61 respectivement pour les facteurs "Réseaux et Relations", "démographie" et "Connaissances et compétences". Ces résultats traduisent bien les progrès accomplis dans les régions arides des pays MENA en termes de développement socio économique et d'amélioration de l'éducation.

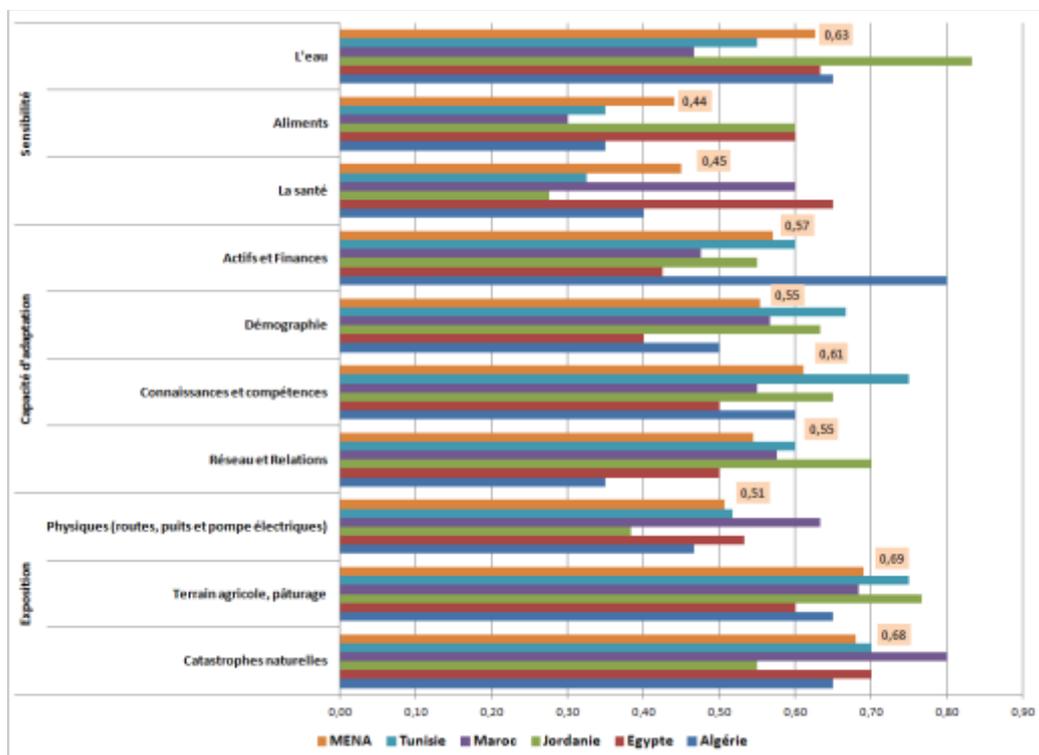


Figure 35. Indice de vulnérabilité par sous composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA
Source : Propre élaboration des auteurs

Par ailleurs l'estimation de l'indice de vulnérabilité par composante montre que l'exposition de la région MENA est relativement élevée avec un score de 0,63 avec le maximum d'exposition au Maroc avec 0,71 et le minimum d'exposition en Jordanie avec 0,57. Ceci confirme bien les résultats des études internationales et nationales qui révèlent un haut niveau d'exposition de la région MENA au CC.

En ce qui concerne la sensibilité, l'indice régional dans la région MENA est relativement moyen et atteint la valeur de 0,51 avec le maximum de sensibilité en Egypte (0,63) et le minimum de sensibilité en Tunisie (0,41).

Quant à la capacité d'adaptation, le score régional atteint 0,57 traduisant ainsi un niveau relativement assez bien d'adaptation. Les deux extrêmes sont enregistrés en Egypte (0,43) et en Tunisie (0,65). Un manque à gagner est bien évidemment constaté, ce qui justifie amplement les stratégies de renforcement des capacités d'adaptation au niveau aussi bien des pays que de la région MENA (figure 36, tableau 8).

Tableau 8. Indice de vulnérabilité par composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA

Composantes	Algérie	Egypte	Jordanie	Maroc	Tunisie	MENA
Exposition	0,59	0,61	0,57	0,71	0,66	0,63
Capacité d'adaptation	0,56	0,46	0,63	0,54	0,65	0,57
Sensibilité	0,47	0,63	0,57	0,46	0,41	0,51
LVI-IPCC	0,012	0,097	-0,038	0,075	0,001	0,028

Source : Propre élaboration des auteurs

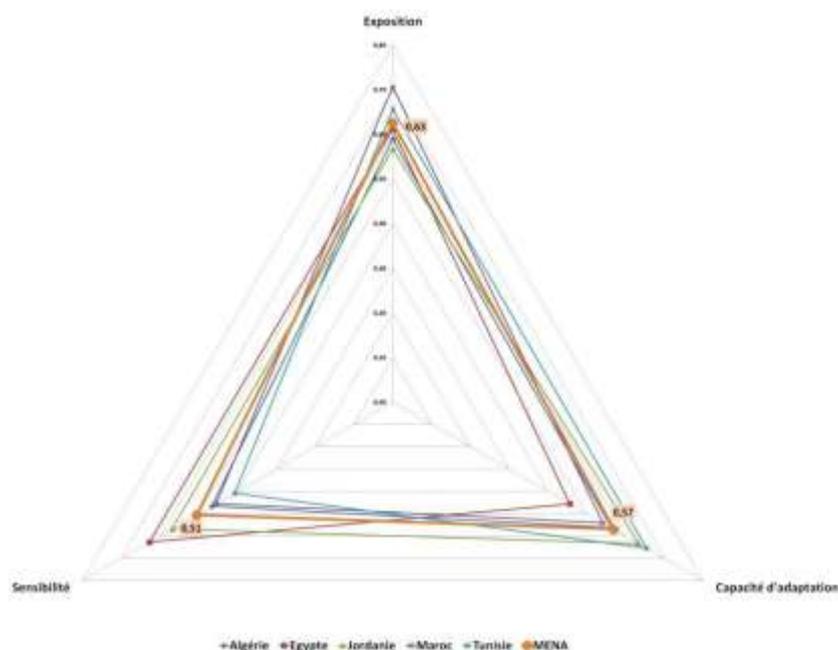


Figure 36. Indice de vulnérabilité par composante de l'LVI-IPCC dans la région MENA

Source : Propre élaboration des auteurs

En guise de synthèse, l'estimation de l'indice synthétique LVI-IPCC régional et par pays illustrée par la figure 37, révèle une diversité de situation et un différentiel de vulnérabilité entre les pays. En effet, si l'indice régional de vulnérabilité est positif (0,028) traduisant ainsi une certaine vulnérabilité positive, les moyens d'existence en zones arides en Jordanie semble être le moins vulnérables avec un indice négatif (-0,038) traduisant une supériorité de la capacité d'adaptation par rapport à l'exposition. Par contre ces moyens d'existence semblent être les plus vulnérables en Egypte et au Maroc avec respectivement des indices de 0,097 et 0,075.

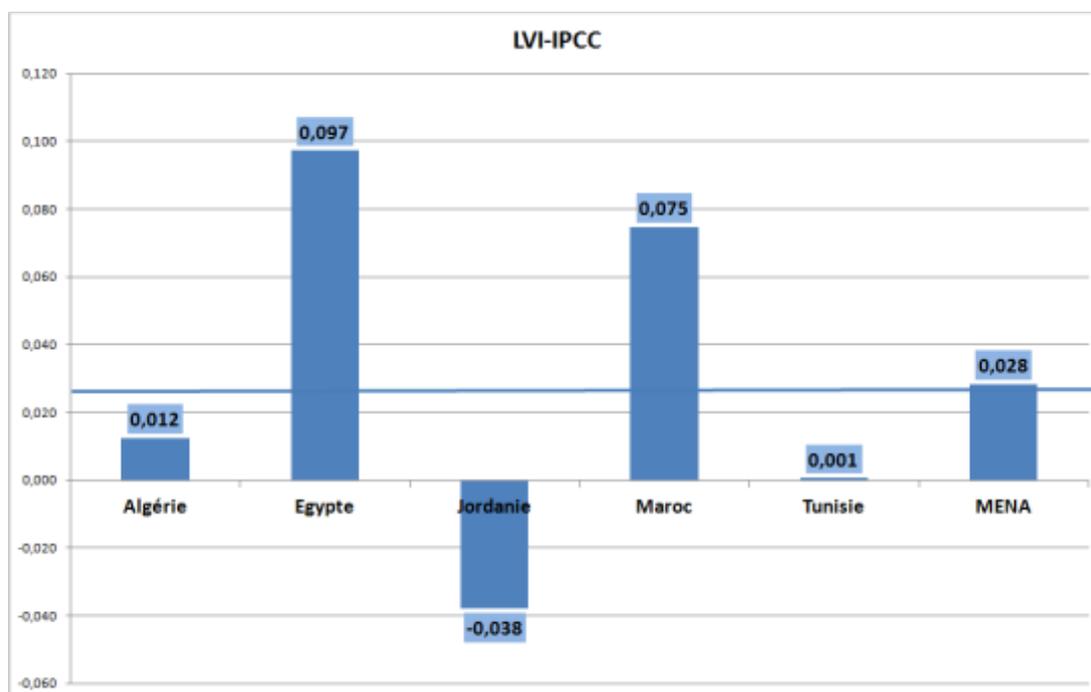


Figure 37. LVI-IPCC estimé dans les écosystèmes arides et désertiques par pays et dans la région MENA Source : Propre élaboration des auteurs

Par ailleurs, l'application de l'approche dans d'autres contextes a abouti à des valeurs d'un ordre de grandeur proche. Etwire et al (2013) ont estimé les indices de vulnérabilité pour les composantes d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation respectivement de 0,4 à 0,45 ; de 0,3 à 0,4 et de 0,4 à 0,5 dans les districts Nord et Est du Ghana. L'indice LVI-IPCC est estimé de -0,015 à 0,004.

Une étude similaire effectuée en Thaïlande (Laitae et al, 2013) a estimé les indices de vulnérabilité pour les composantes d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation respectivement de 0,35 à 0,61 ; de 0,41 à 0,51 et de 0,38 à 0,62 et arrive à un indice LVI-IPCC estimé de 0,04 à 0,07.

7. Identification des mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation des populations des zones arides et désertiques

Cette section est consacrée à l'identification des mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation des populations des zones arides et désertiques dans une optique de gestion durable des milieux naturels notamment les systèmes steppiques et pastoraux. Les principales mesures seront également reprises d'une manière synthétique dans la partie D.

Les mesures prises au niveau international par la Banque Mondiale et le FIDA sont synthétisées en annexe 7.

En valorisant les acquis de la section 5, les mesures identifiées pour réduire la vulnérabilité des populations des zones arides et désertiques seront focalisées principalement sur le renforcement de la capacité d'adaptation et la réduction de la sensibilité.

Le tableau 9 synthétise les principales mesures proposées par composante et par facteur d'intervention.

Tableau 9. Principales mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation et à réduire la sensibilité des populations des zones arides et désertiques

Composantes	Facteurs	Indicateurs	Mesures identifiées
Capacité d'adaptation	Réseaux et Relations	Organisations sociales (ONGs, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Consolider les traditions de solidarité sociale et des réseaux sociaux locaux - Promouvoir l'organisation sociale (ONGs, associations, Organisation socio professionnelles, groupements d'agriculteurs, coopératives, etc.) - Promouvoir l'économie sociale et solidaire
		Coopération internationale, soutien	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la coopération en développant l'insertion aux réseaux internationaux (système ONU, ONGs internationales, fondations, etc.) - Développer la coopération régionale au sein de la région MENA dans le cadre d'action collaborative régionale pour renforcer la capacité d'adaptation au CC
	Connaissances et compétences	Savoirs faire	<ul style="list-style-type: none"> - Inventorier, répertorier, documenter, valoriser et promouvoir les savoirs faire locaux permettant d'accroître la capacité d'adaptation autonome des populations locales - Lutter contre la dégradation des savoirs faire et des richesses patrimoniales locales - Promouvoir les échanges inter-région et inter-pays pour valoriser et adapter les savoirs faire locaux
		Education	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir l'éducation aux différents niveaux - Diffusion et apprentissage dans le domaine de prise de conscience et d'actions d'adaptation au CC
	Démographie	Population	<ul style="list-style-type: none"> - Maitriser l'accroissement démographique et le dépeuplement des zones arides et désertiques - Lutter contre l'exode et l'émigration
		Urbanisation	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir et maitriser l'urbanisation afin d'éviter la

			<p>perte des terres fertiles ou des écosystèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir des schémas adéquats de développement d'habitats - Doter les régions arides et désertiques par les moyens et les équipements sociaux nécessaires pour améliorer les conditions de vie des populations
		Genre (femmes, jeunes, vieux, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir l'approche genre dans les stratégies d'adaptation et de développement socio économiques dans les régions arides et désertiques - Promouvoir l'égalité des chances à l'accès à l'emploi, aux ressources, à la décision, etc. pour les jeunes et les femmes
	Actifs et Finances	Richesses ménages	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les équipement sociaux des ménages (électricité, eau potable, habita, moyens de transport, propriétés des terres, accès à l'eau, etc.) - Promouvoir les moyens de production (cheptel, terres, équipement, etc.)
		Revenus	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la diversification des sources de revenus notamment celles peu dépendantes des milieux naturels - Valoriser les services éco systémiques (tourisme culturel, paysage, etc.) - Promouvoir les conditions d'accroissement des revenus agricoles (accroissement des rendements, amélioration des modes de gestion et d'exploitation des ressources naturelles des écosystèmes, accès aux marchés, meilleurs capacités pour négocier les prix, insertion aux chaines de valeur, etc.) et non agricoles
		Accès aux crédits/subventions	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place de mécanismes simples et rigoureux d'accès aux crédits surtout aux pauvres - Maitriser les mécanismes d'octroi des subventions et des aides de l'Etat
		Solidarité sociale	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir l'économie sociale et solidaire
Sensibilité	La santé	Accès aux soins de base	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir l'accès et la proximité aux soins de base - Promouvoir l'information et l'éducation sanitaire
		Epidémies	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les actions de préventions et d'alerte - Accroitre la capacité d'intervention de lutte contre les

			épidémies
	Aliments	Sécurité alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les pratiques ancestrales de production et de stockage des aliments - Améliorer les niveaux de satisfactions des besoins alimentaires de base
		Dépendance alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire la dépendance alimentaire des populations des zones arides et désertiques - Promouvoir les produits locaux et spécifiques (de terroir par exemple)
L'eau		Accès à l'eau potable	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer l'accès à l'eau potable - Accroître le taux d'adduction à l'eau potable - Améliorer la qualité de l'eau potable - Sensibiliser et initier les populations locales aux pratiques d'économie d'eau
		Accès à l'eau d'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les actions de recherche et d'identification de nouvelles ressources en eau - Promouvoir les programmes de mobilisation des eaux d'irrigation - Sensibiliser et encourager les irrigants aux pratiques d'économie d'eau d'irrigation - Promouvoir les modes et pratiques de gestion rationnelle des ressources en eau
		Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les programmes d'amélioration de la qualité des eaux potables ou d'irrigation

En effet les mesures visant à accroître la capacité d'adaptation ou à atténuer la sensibilité des populations des régions arides dans la région MENA seront inhérentes principalement aux aspects suivants :

Intensification et développement technologique: des options possibles pour la modernisation des pratiques agricoles et de gestion des ressources naturelles à travers notamment l'intensification pourraient être envisagées à travers : la mécanisation de la production, le recours aux intrants agricoles, l'accès aux crédits. D'autres options d'intensification comprennent les techniques autochtones de récolte des eaux pluviales et de terrassement, l'utilisation de semences améliorées, l'application accrue du fumier et du compost, les espèces et variétés à haute valeur ajoutée, espèces d'agroforesterie et de espèces et races d'élevage à haut rendement comme la race Dmen au Maroc.

Diversification et augmentation des sources non agricoles de revenu familial: ces options sont de grande importance dans les zones de la région MENA pour accroître la génération de revenus et

promouvoir les moyens de subsistance. En effet les économies locales multifonctionnelles et diversifiées ont fait preuve d'amples capacités d'adaptation aux crises et aux chocs aussi bien climatiques, politiques que socio économiques tels est le cas de la région MEN A. D'autres sources locales importantes de revenu non agricole proviennent des activités économiques valorisant les services éco systémiques et les ressources patrimoniales locales tels que le tourisme saharien, le tourisme culturel, le tourisme écologique et solidaire, etc.).

Renforcement de l'adaptation autonome: c'est une forme d'adaptation qui a lieu naturellement comme une réponse de conscience au changement climatique. Elle englobe les réponses naturelles des espèces de plantes par exemple à la sécheresse ou à des variations saisonnières (printemps plus tôt) et les pratiques agricoles autonomes (changements de dates de semis, etc.). Les savoirs faire locaux et les connaissances traditionnelles des populations constituent un véritable réservoir et un patrimoine très riche qui pourrait être, identifié, répertorié, analysé, réhabiliter pour être mis à profit dans les stratégies d'adaptation futures dans les régions arides et désertiques de la région MENA.

Adaptation des Forêts et de la biodiversité : l'adaptation dans le secteur forestier aux risques climatique exigerait des évaluations des forêts et des populations tributaires des forêts, des ajustements aux politiques forestières et des pratiques de gestion, de nouvelles recherches, une formation supplémentaire et le renforcement des capacités. Cela nécessitera des investissements financiers supplémentaires dans le secteur.

Deux principales orientations d'adaptation peuvent être avancées:

- i. Identifier les bonnes pratiques de gestion qui assureront l'atteinte des objectifs de conservation et de gestion;
- ii. Promouvoir des pratiques de gestion qui confèrent à l'écosystème plus de capacité de résistance.

Adaptation dans le domaine de la santé : un certains nombre de mesures d'adaptation du secteur de la santé sont identifiées dans la région arabe et MENA :

- réforme de la gestion de la santé publique
- amélioration des conditions de vie et de logements
- amélioration de la réponse d'urgence
 - Développement d'un système d'alerte précoce
 - Mieux et / ou l'amélioration de la maladie / la surveillance des vecteurs et la surveillance
 - Amélioration de la qualité de l'environnement
 - changements de la conception urbaine et du logement
- amélioration des soins de santé par le biais d'abris contre les inondations et d'abris d'assistance dans le cadre de programmes d'intervention d'urgence de la communauté, une meilleure éducation de la santé, et un meilleur accès aux soins de santé primaires comme la distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticide et de meilleurs programmes de surveillance du paludisme et la clairance de l'habitat.

Intégration de l'adaptation dans les plans nationaux de développement : l'adaptation est réussie si elle réduit la vulnérabilité des pays et les populations pauvres à la variabilité climatique existante,

tout en renforçant le potentiel d'anticiper et de réagir aux changements dans le futur. La preuve de l'expérience passée suggère que l'adaptation est mieux assurée grâce à l'intégration des réponses aux changements climatiques dans le développement et le processus d'éradication de la pauvreté, plutôt que les traiter séparément. La justification de l'intégration de l'adaptation dans les stratégies et les pratiques de développement est soulignée par le fait que bon nombre des interventions nécessaires pour accroître la résilience au changement climatique, profitent généralement des objectifs de développement. L'adaptation exige le développement du capital humain, le renforcement des systèmes institutionnels, et la gestion saine des finances publiques et des ressources naturelles (Adger et al, 2003). Ces processus renforceront la résilience des pays, les communautés et les ménages aux chocs et aux contraintes, y compris le changement climatique.

Soutien politique et institutionnel à l'adaptation : Les pays MENA ont également obtenu leur part de cette accumulation rapide des connaissances et sa large diffusion, qui a été reflétée par les engagements environnementaux forts par de nombreux gouvernements de la région et la création de nouvelles institutions environnementales pour améliorer considérablement la gouvernance environnementale dans la région arabe. Par exemple, tous les pays MENA ont établi des points focaux nationaux pour le changement climatique. En outre, plusieurs organisations sont largement impliquées au niveau national dans les activités liées au changement climatiques. Ces organisations comprennent des institutions universitaires et de recherche, d'autres organismes gouvernementaux pertinents, tels que ceux dans les secteurs de l'énergie, de l'eau, l'agriculture et la santé.

8. Conclusion

En guise de conclusion l'étude a révélé l'intérêt de l'approche SLA (AMED : Approche des Moyens d'Existence Durables) pour appréhender l'analyse de vulnérabilité au CC des moyens d'existence (Livelihoods) des populations en zones arides et désertiques dans les pays MENA. En effet, l'approche est pertinente dans la mesure où elle est une approche globale et focalisée sur la compréhension des populations et leurs réalités socio-économiques.

L'application de l'approche SLA a montré une tendance générale à l'extension de certains capitaux notamment, financier, social, physique et humain contre un rétrécissement du capital naturel en raison de l'augmentation des besoins en matière d'exploitation des ressources naturelles.

La classification des différents moyens d'existence en fonction des sources de revenus a montré que ces dernières sont multiples et diversifiées pour la sécurisation des ménages ruraux vulnérables face à la fluctuation des conditions climatiques ou socio économiques . Ceci confirme les habitudes historiques de sociétés des régions arides qui priorisent la sécurité alimentaire et économique pour pallier aux changements et risques de toutes sortes. Les principales sources de revenus proviennent des ventes des produits agricoles et d'élevage, des ventes des stocks accumulés durant les périodes précédentes, de l'épargne, des activités non agricoles tels que l'artisanat, le tourisme et les services. D'autres sources de revenu sont liées aux envois de fonds réguliers en provenance de l'émigration régionale, nationale ou internationale et aux subventions ou crédits de toutes sortes.

Par ailleurs, il est d'intérêt de rappeler que la région MENA est l'une des régions les plus exposées au CC au vu de l'aridité du climat dans une large partie de ses territoires. Ainsi, l'agriculture et le développement rural dans la région font face à de sérieux défis, les prévisions estiment que d'ici 2080, la production agricole pourrait diminuer de 40%. La plupart des estimations indiquent que le changement climatique est susceptible de réduire la productivité agricole, la stabilité de la

production et des revenus dans les zones qui connaissent déjà des niveaux élevés d'insécurité alimentaire.

L'estimation de l'indice synthétique de vulnérabilité du Livelihood du GIEC (LVI-IPCC) au niveau régional et par pays révèle une diversité de situation et un différentiel de vulnérabilité entre les pays.

Par ailleurs l'estimation de l'indice de vulnérabilité par composante montre que l'exposition de la région MENA est relativement élevée avec un score de 0,63 avec le maximum d'exposition au Maroc avec 0,71 et le minimum d'exposition en Jordanie avec 0,57.

En ce qui concerne la sensibilité, l'indice régional dans la région MENA est relativement moyen et atteint la valeur de 0,51 avec le maximum de sensibilité en Egypte (0,63) et le minimum de sensibilité en Tunisie (0,41).

Quant à la capacité d'adaptation, le score régional atteint 0,57 et traduit un niveau d'adaptation assez bien alors que les deux extrêmes sont enregistrés en Egypte et en Tunisie avec respectivement un minimum de 0,43 et un maximum de 0,65.

En effet, si l'indice régional de vulnérabilité est positif (0,028) traduisant ainsi une certaine vulnérabilité positive, les écosystèmes arides en Jordanie semble être les moins vulnérables avec un indice négatif (-0,038) traduisant une supériorité de la capacité d'adaptation par rapport à l'exposition. Par contre ces écosystèmes semblent être les plus vulnérables en Egypte et au Maroc avec respectivement des indices de 0,097 et 0,075.

De même, le travail a également révélé l'intérêt et la pertinence de l'action face à l'inaction dont les impacts pourraient être lourdement facturés à la société actuelle mais surtout aux générations futures. En effet, un certain nombre de mesures sont envisagées afin de renforcer la capacité d'adaptation des populations des zones arides et désertiques dans une optique de gestion durable des milieux naturels notamment les systèmes steppiques et pastoraux. Ces mesures sont inhérentes à l'intensification et à la modernisation des agro systèmes et des écosystèmes, à la diversification et l'augmentation des sources non agricoles de revenu familial et au renforcement de la capacité d'adaptation autonome des populations locales.

Quant à l'adaptation des Forêts et de la biodiversité, il est envisagé d'identifier les bonnes pratiques de gestion qui assureront l'atteinte des objectifs de conservation et de gestion et de promouvoir des pratiques de gestion qui confèrent à l'écosystème plus de capacité de résistance.

Au plan politique et institutionnel, il devient impératif de faire l'effort au niveau des pays de la région MENA pour intégrer les mesures prévues dans les stratégies nationales d'atténuation et d'adaptation au CC dans les plans nationaux de développement et d'offrir le soutien politique et institutionnel pour l'adaptation.

COMPOSANTE C: IDENTIFICATION DES MESURES D'ATTÉNUATION ET ESTIMATION DU POTENTIEL DE SÉQUESTRATION DE CARBONE

1. Introduction

Près de 18 % des terres émergées en zones arides sont recouvertes de forêts (FAO, mars 2015), elles jouent un rôle particulier et important dans la mesure où elles :

- renferment une biodiversité adaptée à des conditions écologiques extrêmes ;
- fournissent des biens et services écosystémiques d'une importance vitale ;
- constituent un tampon contre la sécheresse et la désertification ;
- offrent un dispositif de sécurité contre la pauvreté ;
- représentent un capital naturel pour l'atténuation des changements climatiques (CCs) et l'adaptation à ses effets.

En plus de ces services offerts par ces écosystèmes forestiers en régions semi-aride à aride, ces derniers sont susceptibles d'atténuer les effets des changements climatiques (CCs) grâce à leurs capacités à séquestrer le carbone.

Cette partie de l'étude s'intéresse à améliorer notre compréhension du potentiel de séquestration du carbone (SC) par les écosystèmes forestiers dans les zones arides de la région MENA. Ce service environnemental est susceptible d'être valorisé et permettre ainsi aux populations locales d'en tirer profit. Ainsi, nous nous proposons d'estimer dans quelle mesure les modes de gestion durable des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques sont susceptibles d'augmenter ce potentiel de SC.

2. Aspects biophysiques de la séquestration du carbone dans les régions semi-arides à arides

Le carbone est fixé aussi bien par la végétation que par les sols. Ainsi, dans les écosystèmes non forestiers aux latitudes moyennes et élevées, les stocks de carbone sont bien plus importants dans les sols que dans la végétation. Il existe en effet des preuves que la durée de vie du carbone dans les sols secs est plus importante que celle dans les sols humides. Mieux encore, la durée de vie du carbone dans les sols des zones arides est parfois même plus importante que celle dans les sols forestiers (Dregne, 2002).

Le processus de séquestration du carbone (SC) dans les sols fait partie intégrante du cycle global du carbone. Le stockage du carbone dans les sols traduit un équilibre entre des processus opposés d'accumulation et de perte et confirme ainsi le caractère dynamique de ce réservoir. Ainsi,

- le sol est le siège en continu de flux de carbone entrant et sortant,
- une fois dans le sol, le carbone est partagé entre plusieurs réservoirs avec des temps de séjour qui s'étendent sur plusieurs ordres de grandeur.

Aucun sol en carbone n'est un réservoir inerte, la matière organique avec laquelle il est associé est essentielle pour le maintien de la fertilité des sols et elle intervient dans des phénomènes aussi variés tels que le cycle des nutriments et les émissions gazeuses. Schnitzer (1991) présente une analyse détaillée de l'interaction du carbone avec la matière organique dans le sol.

Dans ce qui suit, nous allons passer en revue les principaux aspects biophysiques spécifiques de la SC dans les parcours de la région MENA à savoir : i) la longueur des racines, ii) les plantes halophiles, iii) le surpâturage, et iv) le boisement.

2.1. Longueur des racines

L'approche de base pour augmenter la SC dans les systèmes de parcours et de prairies, serait de maximiser la productivité des herbes et les apports racinaires (Trumbmore et al., 1995). En effet, cette haute productivité racinaire fournit un potentiel pour augmenter la matière organique du sol (SOM) dans les pâturages et les terres de jachères par rapport aux systèmes cultivés. En fait, les débris des racines ont tendance à être moins décomposables que les autres composés végétaux et ceci en raison de leur teneur élevée en lignine (Woomer et al., 1994).

Les graminées ont également un fort potentiel de SC. Garten et Wullschleger (2000) ont utilisé une approche de modélisation qui a démontré qu'une augmentation de 12 % du carbone du sol pourrait être obtenue par des plantes herbacées (panic raide) (*Panicum virgatum L.*) sur des terres dégradées pendant dix ans.

2.2. Plantes halophiles⁷

La salinité affecte une grande partie des zones arides (Glenn et al., 1993). Elle constitue une caractéristique particulière de nombreux sols des zones semi-arides à arides de la région MENA. Elle peut être d'origine naturelle ou encore causée par l'irrigation.

Ces terres, qui sont souvent abandonnées, sont occupées par des plantes halophytes qui sont particulièrement adaptées à ces conditions et offrent une capacité pour la SC dans cet environnement inhospitalier.

Dans le monde, on estime que 130 millions d'hectares sont favorables à la croissance des halophytes. Ils peuvent être utilisés pour le fourrage, l'alimentation et les graines oléagineuses. Glenn et al, estiment que 0,6-1,2 gigatonnes de carbone pourraient être assimilées annuellement par les halophytes.

2.3. Surpâturage

Les données ont montré que lorsque les parcours sont soumis à un pâturage contrôlé, ils ont généralement des niveaux de carbone dans le sol plus élevés que ceux des terres cultivées. Chan et Bowman (1995) ont constaté que cinquante années de culture dans les sols semi-arides dans le Sud de la Nouvelle-Galles (Australie), avaient en moyenne réduit le carbone dans le sol de 32 % par rapport au pâturage. Cette réduction est en relation linéaire avec le nombre d'années de culture. De même, le pâturage contrôlé au niveau des sols herbacés permettrait d'atteindre un taux de carbone dans le sol plus grand que celui des terres arables adjacentes et soumises à un labour de conservation (Franzluebbers et al., 2000).

Ainsi, un pâturage contrôlé pourrait également avoir des effets positifs en termes de composition des espèces et d'accumulation de détritits (litière). Willms et al. (2002) ont constaté que lorsque la prairie est protégée contre le pâturage, ceci a un faible effet sur la production néanmoins, la quantité de la litière augmente. Les prairies non pâturées ont également connu une augmentation des espèces qui

⁷Une **halophyte**, ou plante halophile est une plante adaptée aux milieux salés ou par extension aux milieux à pression osmotique importante.

ne disposent pas d'un système racinaire fibreux qui favoriserait la formation et l'accumulation de la matière organique du sol (SOM).

Par ailleurs, il y a des indications que des stratégies de gestion des pâturages en rotation améliorent la productivité des plantes et l'alimentation des animaux. Elles sont également susceptibles de réduire les émissions de CH₄ par unité de surface (Deramus, et al., 2003). Mieux encore, tenant compte de la taille des terres de pâturage, on estime que l'amélioration de la gestion des terres de parcours pourrait séquestrer plus de carbone que toutes autres pratiques (GIEC, 2000).

2.4. Reboisement

Un certain nombre d'espèces appropriées sont disponibles pour entreprendre un boisement viable dans des environnements arides. En particulier, les arbres fixant l'azote qui permettent généralement une accumulation accrue du carbone dans les sols. Ainsi, les Prosopis et les Acacia sont adaptés aux terres semi-arides subtropicales et sont identifiés comme étant en mesure d'augmenter le niveau du carbone dans le sol de 2 tonnes / ha.

3. Séquestration du carbone dans les régions semi-arides à aride

3.1. Contribution de la foresterie et des changements d'affectation des sols dans les émissions de GES

L'agriculture est une source importante de gaz à effet de serre (GES) contribuant directement à hauteur de 5,1 à 6,1 de gigatonnes (Gt) de CO₂-équivalent (CO₂-eq) par an, soit près de 13,5 % des émissions anthropiques totales au niveau mondial (5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2014). Quant aux Changements d'Affectation des Terres et de la Foresterie (CATF), y compris la déforestation (dont l'agriculture est un des principaux moteurs), ils contribuent à hauteur 18,2 % aux émissions anthropiques totales au niveau mondial (5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2014) (figure 38)

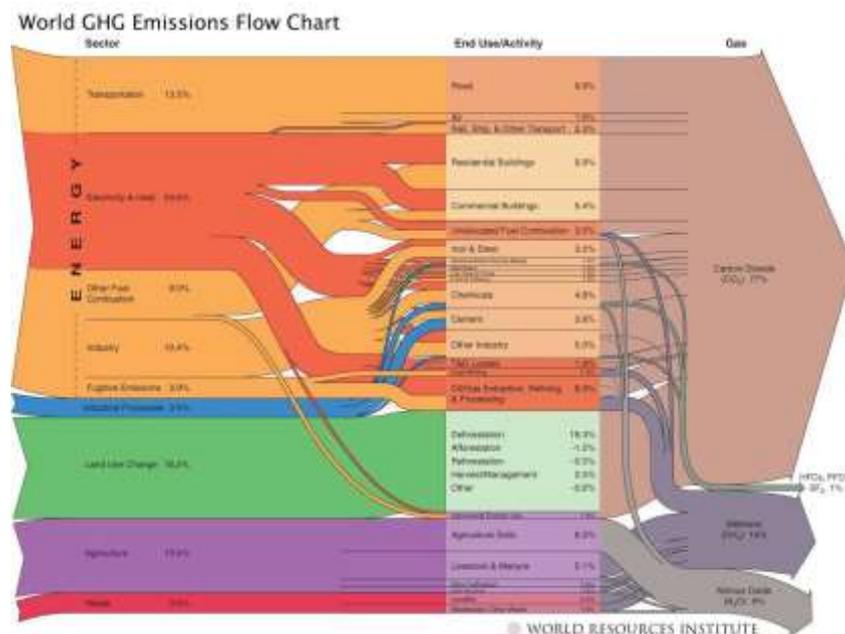


Figure 38: Emissions de GES au niveau mondial (5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2014)

Ce niveau significatif des émissions liées à l'agriculture et aux CATF devrait croître dans le futur, en raison de la croissance de la population, des besoins grandissants en engrais azotés et de la hausse de la consommation de viande et de produits laitiers.

En termes d'atténuation des émissions de GES, les principales mesures concernent les forêts classiques en zones humides. Elles rentrent dans le cadre du REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des forêts). Le potentiel de l'agriculture est quant à lui particulièrement intéressant dans la mesure où près de 75 % de celui-ci se trouve dans les pays en développement. Par ailleurs, le GIEC estime ce potentiel mondial d'atténuation à 5500 - 6000 Millions de tonnes de CO₂-éq par an, d'ici 2030 (Smith, et al., 2007). Il serait comparable au potentiel d'atténuation du secteur de l'énergie et supérieur à celui du transport. Les perspectives d'atténuation des émissions de GES dues au secteur des CATF n'ont pas encore fait l'objet d'un intérêt particulier.

3.2. Potentiel de fixation du carbone par les parcours et les prairies

Les prairies étaient incluses dans l'article 3.4 du Protocole de Kyoto⁸ dans la mesure où à l'instar des forêts, elles jouent un rôle important dans la SC. En effet, les prairies et les parcours occupent, selon la FAO, 3,2 milliards d'hectares et emmagasinent de 200 à 420 Pg de carbone pour l'ensemble de l'écosystème. La majorité de ce carbone se situe au-dessous de la surface et, par conséquent, dans un état relativement stable. Les quantités de carbone du sol des prairies en zone tempérée sont estimées à 70 t/ha, ce qui est comparable aux quantités emmagasinées dans les sols des forêts (Trumbmore *et al.*, 1995; Balesdent et Arrouays, 1999). Les parcours des régions semi-arides à arides, dont ceux de la région MENA, sont moins étudiés mais il est raisonnable de penser que leur potentiel de SC, tout en étant inférieur à ceux des régions tempérées, demeure dans des ordres de grandeur comparables. En effet, les zones arides présentent un potentiel pour la SC intéressant (FAO, 2006). Ceci est d'autant plus vrai dans la mesure où ces potentialités sont actuellement très peu utilisées et loin encore de la saturation en terme de SC.

Ceci étant, malgré que la teneur en carbone des sols arides et leurs potentiels de fixation du CO₂ par ha soient limités, en tenant compte de leurs superficies, ils sont susceptibles de contribuer de manière non négligeable à la SC tout en renforçant leur rôle dans la lutte contre la désertification.

3.3. Quels sont les ordres de grandeurs

Lal (2004) a estimé que la SC par les écosystèmes des zones arides pourrait atteindre environ 1 milliard de tonnes de carbone par an. Plus particulièrement, la séquestration potentielle du carbone par les parcours australiens a été estimée à 70 millions de tonnes de carbone par an (FAO, 2006).

Concernant les environnements arides, la SC dans les 100 premiers centimètres de sol serait équivalente à environ 4 tonnes / ha (Batjes, 1999), ce potentiel est relativement faible comparé à celui d'autres environnements. Ces estimations ont été reprises par la FAO (FAO, Carbon sequestration in dryland soils, 2004), elles seraient de: 7-10 tonnes / ha au niveau des tropiques; 7-13 tonnes / ha dans les régions subtropicales; 11-13 tonnes / ha dans les régions tempérées; et 21-24 tonnes / ha dans les zones boréales, polaires et alpins. Le tableau 10 fourni une estimation de la SC par les pratiques de gestion et/ou utilisation du sol.

⁸ C'est un accord international dérivant de la CCNUCC, visant la réduction des émissions de GES, entre 2008 et 2012, d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990.

Tableau 10: Gestion et/ou utilisation des terres et le potentiel de séquestration du carbone dans les zones arides (d'après Lal et al., 1998).

Les options technologiques	Potentiel de séquestration (tonnes C/ha/an)
Terres cultivées	0.10-0.20
Labour de conservation	0.05-0.10
Paillis d'agriculture (4-6 Mg/ha/year)	0.10-0.20
Compostage	0.05-0.10
Élimination de la jachère	0.10-0.20
La gestion intégrée des éléments nutritifs	0.10-0.20
Restauration des sols (érodé)	0.10-0.20
Restauration des sols affectés par le sel	0.05-0.10
Intensification de l'agriculture	0.10-0.20
La conservation et la gestion de l'eau	0.10-0.30
Boisement	0.05-0.10
Prairies et pâturages	0.05-0.10

Les estimations globales (tableau 10) sont comprises entre 0,05 à 0,3 tonne C / ha / an pour les terres agricoles et entre 0,05 à 0,1 tonne C / ha / an pour les prairies et pâturages (Lal et al., 1998). Les estimations de Lal et al, pour les zones tropicales sont environ deux fois plus élevées que celles pour les terres arides.

Concernant la gestion du pâturage, Schuman et al. (2002) ont estimé qu'il pouvait augmenter le stockage du Carbone au niveau des parcours des Etats-Unis de 0,1 à 0,3 tonne C/ ha/ an. S'appuyant sur une base de données mondiale, Conant et al (2001) ont constaté que l'amélioration de pâturage était de nature à séquestrer 0,11 à 3,04 tonne de C / ha/ an, avec une moyenne aux environs de 0,54 tonne de C / ha / an. Conant et Paustian (2002) ont estimé qu'un pâturage modéré pouvait séquestrer 0,21, tonne de C/ ha/an en Afrique. Bien que la plupart des zones de prairies et de parcours dans les régions arides sont mal gérées et dégradés, elles offrent un potentiel pour la SC (FAO, 2004).

4. Méthodologie du GIEC pour l'estimation du carbone séquestré

Dans le cadre de leurs engagements au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), tous les pays sont appelés à élaborer une communication nationale qui comprend notamment un inventaire de leurs émissions de gaz à effet de serre (GES).

Pour cela, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, en anglais Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) a mis au point des lignes directrices pour le calcul de l'inventaire des émissions de GES. Ces lignes directrices constituent une méthodologie standardisée et de référence, elle est utilisée par l'ensemble des acteurs dans ce domaine et elle est améliorée au fur et à mesure.

4.1. Modules de base

La méthodologie standardisée du GIEC comprend :

- Au niveau des émissions de GES: cinq modules qui sont i) l'énergie, ii) l'industrie, iii) l'agriculture, iv) le CATF et v) les déchets
- Au niveau de l'absorption : un seul module à savoir le CATF.

Pour les besoins de cette étude, nous allons nous intéresser au seul module du CATF, plus particulièrement en ce qui concerne l'absorption des émissions de GES.

4.2. Changement d'affectation des terres et foresterie (CATF)

Afin d'assurer une représentation cohérente couvrant tous les secteurs géographiques d'un pays, les lignes directrices du GIEC recommandent d'étudier, pour le CATF, six catégories d'utilisation des terres.

(i) Terres forestières

Cette catégorie inclut toutes les terres à végétation ligneuse correspondant aux seuils utilisés dans la définition des terres forestières dans l'inventaire national des GES. Elle inclut également les systèmes dont la structure végétale est actuellement inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières utilisés par le pays, mais qui pourrait potentiellement les dépasser.

(ii) Terres cultivées

Cette catégorie inclut les terres cultivées, y compris les rizières et les systèmes agro-forestiers dont la structure végétale n'atteint pas les seuils utilisés pour la catégorie terres forestières.

(iii) Prairies

Cette catégorie inclut les parcours et les pâturages qui ne sont pas considérés comme des terres cultivées. Elle inclut également des systèmes à végétation ligneuse et autre végétation non herbacée telle que les herbes et les broussailles dont le seuil est inférieur aux valeurs utilisées pour la catégorie terres forestières. La catégorie inclut également toutes les prairies, depuis les terrains en friche jusqu'aux espaces récréatifs, ainsi que les systèmes agricoles et sylvo pastoraux, conformément aux définitions nationales.

(iv) Terres humides

Cette catégorie inclut les zones d'extraction de la tourbe et les terres couvertes ou saturées d'eau pendant la totalité ou une partie de l'année (par exemple, tourbières) et qui n'entrent pas dans les

catégories des terres forestières, terres cultivées, prairies ou établissements. Elle inclut les réservoirs en tant que subdivision exploitée et les lacs et rivières naturels en tant que subdivisions non exploitées.

(v) Établissements

Cette catégorie inclut toutes les terres développées, y compris l'infrastructure des transports et les établissements humains de toutes dimensions, sauf s'ils sont déjà inclus dans d'autres catégories. Elle doit être conforme aux définitions nationales.

(vi) Autres terres

Cette catégorie inclut les sols dénudés, les roches, les glaces et toutes les superficies terrestres qui ne figurent pas dans une des cinq autres catégories. Elle permet de faire correspondre la totalité des superficies terrestres identifiées à la superficie nationale.

4.3. Conversion d'affectation des terres

Conformément aux recommandations des lignes directrices du GIEC, dans une première étape il y a lieu d'estimer les affectations des terres puis dans une seconde étape, les reconversions dont elles ont été sujettes. Les affectations des terres et les conversions d'affectation des terres applicables, conformément à la méthodologie du GIEC, sont synthétisées et présentées dans le tableau 11.

Tableau 11: Conversions d'affectation selon la méthodologie du GIEC

TF = Terres converties en terres forestières	FF = Terres forestières restant terres forestières
TP = Terres converties en prairies	PP = Prairies restant prairies
TC = Terres converties en terres cultivées	CC = Terres cultivées restant terres cultivées
TH = Terres converties en terres humides	HH = Terres humides restant terres humides
TE = Terres converties en établissements	EE = Établissements restant établissements
TA = Terres converties en autres terres	AA = Autres terres restant autres terres

Dans la suite, nous allons présenter les inventaires des émissions de GES des cinq pays considérées par l'étude. Nous mettrons en exergue les éléments caractéristiques relatifs à l'absorption du carbone dans chacun des cinq pays.

5. Caractéristiques des inventaires des émissions de GES des cinq pays

L'ensemble des communications nationales des pays au titre de la CCNUCC se trouvent sur le lien suivant: http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php. La plupart des pays sont à leurs 2^{ème} Communication nationale, certains comme la Jordanie sont déjà à leur 3^{ème} Communication Nationale.

5.1. Algérie

5.1.1. Analyse sectorielle

Pour l'année 2000, les émissions brutes de GES (Tableau12) représentent au total 117310 Gg_{éq}-CO₂ (Giga gramme équivalent CO₂). Pour la même année, l'absorption de CO₂ par la foresterie a été

évaluée à 14167 GgEq-CO₂, soit des émissions nettes de 103143 GgEq-CO₂. Les émissions brutes cumulées par habitant et par an sont de 3,95 tonnes alors que les émissions nettes sont de 2,61 tonnes de CO₂ /hab/an. L'inventaire national des émissions de GES, par secteur, figure dans le tableau qui suit:

Tableau 12: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2^{ème} communication nationale de l'Algérie au titre de la CCNUCC, 2010)

Modules	Emissions brutes		Absorptions		Emissions nettes	
	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%
Energie	87 597	74,7	0,00	0,00	87 597	84,9
Industrie	5 463	4,7	0,00	0,00	5 463	5,3
Agriculture	6 535	5.6	0,00	0,00	6 535	6,3
CATF	6 287	5.3	14 167	100	-7 880	-7,6
Déchets	11 428	9.7	0,00	0,00	11 428	11,1
TOTALS	117 310	100	14 167	100	103 143	100

5.1.2. Analyse sectorielle

Les émissions dues à l'agriculture représentent 6,3 % des émissions totales nettes de GES de l'Algérie. En fait, les émissions issues de l'épandage et du pâturage sont à l'origine de près de 30 % des émissions totales de l'agriculture. Le secteur des CATF est l'unique secteur qui permet la séquestration de 14167 GgEq-CO₂ de carbone alors que ses émissions sont de l'ordre de 6287 GgEq-CO₂ dont la majeure partie, soit 6019 GgEq-CO₂, sont imputables à l'affectation des terres.

5.2. Egypte

5.2.1. Synthèse

Pour l'année 2000, les émissions anthropiques nettes de GES de Egypte ont été évaluées à 193300 GgEq-CO₂, soit 3,1 tonnes/habitant et par an. Comparées à celles de l'année 1990 qui étaient de 117000 GgEq-CO₂, on note une augmentation moyenne annuelle de l'ordre de 5.1%. Sur cette base, les émissions de GES de 2008 se situeraient aux environs de 288000 GgEq-CO₂.

Pour des raisons de données non disponibles, la 2^{ème} communication nationale de l'Egypte n'a pas traité le secteur des CATF aussi bien en termes d'émissions que d'absorption de GES. Ce cas est relativement rare et s'apparente plus à une hypothèse grossière plutôt qu'à un fait avéré. L'inventaire national des émissions de GES, par secteur, figure dans le tableau qui suit :

Tableau 13: Bilan des émissions totales nettes de GES (émissions) par les différentes sources (2^{ème} communication nationale de l'Egypte au titre de la CCNUCC, 2010)

Modules	Emissions nettes	
	GgEq. CO ₂	%

Energie	116 300	60,2
Industrie	27 800	14,4
Agriculture	31 700	16,4
CATF	0	0
Déchets	17 500	9,1
TOTAL	193 300	100

5.2.2. Analyse sectorielle

Pour l'année 2000, les émissions totales de GES dues au secteur de l'agriculture ont été évaluées à 18000 Gg_{éq}-CO₂, elles représentent environ de 16% des émissions totales de GES de l'Egypte. Les émissions du secteur de l'agriculture se sont accrues de 77% pour la période de 1990 à 2000. Toute la biomasse représentant la vallée du Nil a été traitée dans l'agriculture alors que les oasis et autres écosystèmes n'ont pas réellement d'émission ou d'absorption significative.

5.3. Jordanie

5.3.1. Synthèse

En se référant à la 3^{ème} communication nationale de la Jordanie au titre de la CCNUCC, les émissions anthropiques brutes de GES, pour l'année 2006, ont été évaluées à 29132 Gg_{éq}-CO₂. L'absorption par la foresterie a été évaluée à 415 Gg_{éq}-CO₂, soit des émissions nettes de 28717 Gg_{éq}-CO₂. L'inventaire national des émissions de GES, par secteur, figure dans le tableau qui suit :

Tableau 14: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (3^{ème} communication nationale de la Jordanie au titre de la CCNUCC, 2014)

Modules	Emissions brutes		Absorptions		Emissions nettes	
	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%
Energie	20 938	71,9	0	0,00	20 938	72,9
Industrie	2 550	8,75	0	0,00	2 550	8,9
Agriculture	1 318	4,5	0	0,00	1 318	4,6
CATF	1 281	4,4	415	100	866	3
Déchets	3 045	10,45	0	0,00	3 045	10,6
TOTALS	29 132	100	415	100	28 717	100

5.3.2. Analyse sectorielle

Les émissions anthropiques nettes dues au secteur de l'agriculture sont relativement faibles, elles sont estimées à 1 318 Gg_{éq}-CO₂, soit 4,6% des émissions totales nettes de GES en Jordanie. Le secteur des CATF contribue quant à lui à hauteur de 3% des émissions totales de GES. Ce secteur émet 1 283 Gg_{éq}-CO₂ et absorbe en même temps 415 Gg_{éq}-CO₂ des émissions nettes de la Jordanie.

5.4. Maroc

5.4.1. Synthèse

En se référant à la 2^{ème} communication nationale du Maroc, les émissions brutes de GES au Maroc, pour l'année 2000, ont été évaluées à 69063 Gg éq-CO₂, alors que les émissions nettes ont été évaluées à 63439 Gg éq-CO₂, soit 2,21 tonnes éq- CO₂/habitant/an. L'inventaire national des émissions de GES, par secteur, figure dans le tableau qui suit :

Tableau 15: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2^{ème} communication nationale du Maroc au titre de la CCNUCC,2010)

Modules	Emissions brutes		Absorptions		Emissions nettes	
	Ggéq. CO ₂	%	Ggéq. CO ₂	%	Ggéq. CO ₂	%
Energie	32 290,82	46,8	0,00	0,00	32 290,82	50,9
Industrie	3 772,31	5,5	0,00	0,00	3 772,31	5,95
Agriculture	20 634,03	29,9	0,00	0,00	20 634,03	32,5
CATF	9 269,66	13,4	5 623,73	100	3 645,93	5,75
Déchets	3 096,78	4,5	0,00	0,00	3 096,78	4,9
TOTALS	69 063,60	100	5623,73	100	63 439,87	100

5.4.2. Analyse sectorielle

L'agriculture est, après l'énergie, le secteur dont les émissions de GES sont les plus importantes. Elles représentent 32,5 % des émissions totales nettes du Maroc. En revanche, les émissions du secteur des CATF sont moins importantes, elles contribuent à hauteur de 5,75 % (il émet 9269 Gg éq-CO₂ et absorbe en même temps 5624 Gg éq-CO₂). Le bois de feu de la forêt est la source la plus importante de ce module avec plus de 10% des émissions globales des GES. De plus, si on tient compte du bois de feu des vergers, cette source (bois de feu) contribuerait à hauteur de 13,9 % des émissions totales de GES du Maroc et se classerait en deuxième position après le module énergie.

5.5. Tunisie

5.5.1. Synthèse

Pour l'année 2000, les quantités totales nettes d'émissions anthropiques de GES en Tunisie, ont été estimées à 32 113,6 Gg éq-CO₂, soit 3,4 tonne éq-CO₂ par habitant et par an. Les émissions brutes s'élèvent quant à elles, à 37 798 éq-CO₂, soit 3,92 tonne éq-CO₂ / habitant / an. La différence entre les quantités brutes et nettes, soit 5 685 Gg éq-CO₂, correspond à l'absorption du CO₂ sous forme organique par le secteur des CATF et plus particulièrement par la biomasse. L'inventaire national des émissions de GES, pour l'année 2000 en Tunisie, se présente, par secteur, comme suit :

Tableau 16: Bilan des émissions totales nettes de GES (émission-absorption) par les différentes sources (2^{ème} communication nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC, 2013)

Modules	Emissions brutes		Absorptions		Emissions nettes	
	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%	GgEq. CO ₂	%
Energie	20781,2	55	0,00	0,00	20 781,2	64,7
Industrie	3 954,5	11	0,00	0,00	3 954,5	12,3
Agriculture	7 637,6	20	0,00	0,00	7 637,6	23,8
CATF	3 543	9	5 685	100	-2 142	-6,7
Déchets	1 882,3	5	0,00	0,00	1 882,3	5,9
TOTALS	37 798,6	100	5 685	100	32 113,6	100

5.5.2. Analyse sectorielle

Le total des émissions de GES du secteur agricole en Tunisie a été évalué à 23,8 % des émissions nettes, soit une augmentation de 27% par rapport à 1994. Cette hausse s'explique par le développement de l'élevage, surtout des bovins et des volailles, mais aussi par une croissance de la consommation d'engrais azotés. En revanche, le secteur des CATF est une source nette d'absorption de CO₂ en Tunisie, avec 6,7 % des émissions totales nettes de GES. Les quantités de CO₂ absorbées par les différents systèmes végétaux sont estimées à 5 685 Gg éq-CO₂, essentiellement, par les oliveraies et les formations forestières qui contribuent respectivement pour 76% et 16% du total.

5.6. Synthèse

Les pays de la région MENA ont des inventaires de GES dominés par les émissions dues au secteur de l'énergie en revanche, la séquestration du carbone se limite essentiellement aux forêts en région humide et ne représente que quelques pourcents des émissions totales.

Tableau 17: Bilan des émissions totales de GES (émission nette -absorption) en GgEq, CO₂

	Algérie	Egypte	Jordanie	Maroc	Tunisie
Energie	87 597	116300	20 938	32290,82	20781,2
Industrie	5 463	27800	2 550	3772,31	3954,5
Agriculture	6 535	31700	1 318	20634,03	7637,6
CATF	6 287	0	1 281	9269,66	3 543
Déchets	11 428	17500	3 045	3 096,78	1882,3
Absorption	-14167	0	-415	-5623,73	-5685

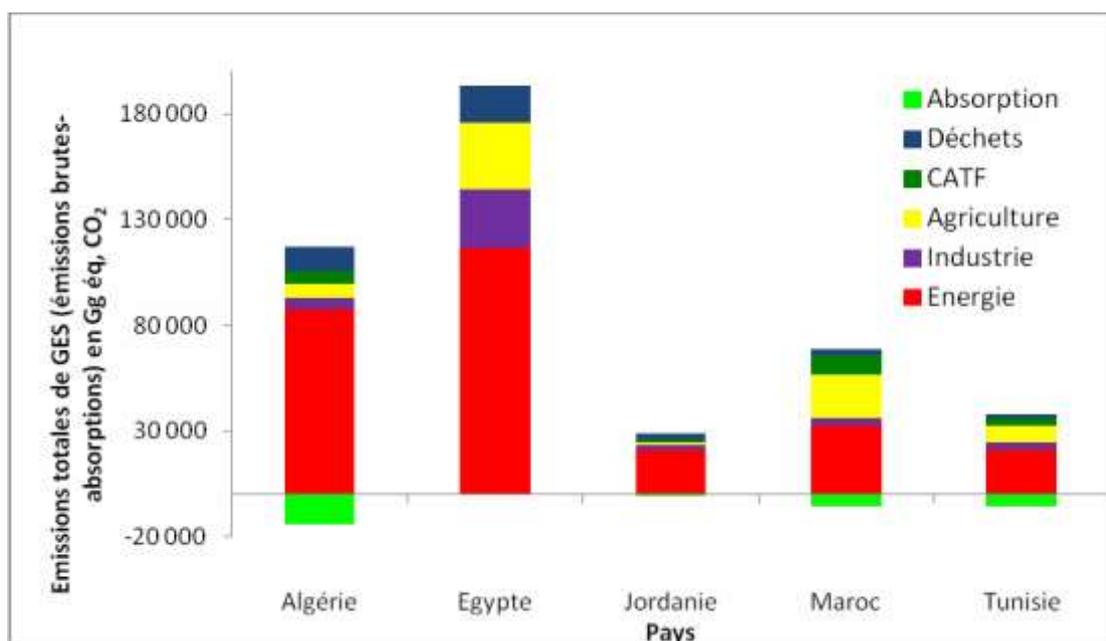


Figure 39. Emissions et absorptions de GES par secteurs pour les cinq pays de la région MENA

NB : les émissions de GES sont comptées positivement alors que les absorptions sont comptées négativement.

L'analyse de la figure 39 permet de mettre en exergue les caractéristiques suivantes:

- Un inventaire largement dominé par les émissions de GES dues au secteur de l'énergie, plus particulièrement pour l'Algérie, la Jordanie et l'Egypte.
- Les émissions dues à l'agriculture jouent un rôle important dans les inventaires de GES du Maroc, de la Tunisie et à moindre degré de l'Egypte
- Les émissions dues au secteur des CATF jouent un rôle non négligeable dans les inventaires de GES de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie

Une telle configuration de l'inventaire des GES contraste avec celle des inventaires de GES des pays de l'Afrique subsaharienne qui sont dominées par :

- Un caractère global de puits de carbone (en moyenne chaque pays absorbe plus qu'il n'émet de GES).
- les émissions des secteurs des CATF et de l'agriculture sont majoritaires, le secteur de l'énergie jouant un rôle largement moins important.

Ces caractéristiques des inventaires de GES de la région MENA ont largement orienté la recherche des options d'atténuation des émissions de GES vers les secteurs traditionnels de l'énergie, des déchets et du transport. Ces secteurs présentent également le mérite de disposer d'options technologiques connues, déjà expérimentées et présentant un certain recul.

L'absorption des émissions de GES dans la région MENA se limite au secteur des CATF plus particulièrement aux forêts dans les zones humides. Une exception concerne la Tunisie où les plantations d'oliviers semblent jouer un rôle important dans l'absorption du carbone. En fait, les modes de gestion des écosystèmes forestiers en mode semi-aride à aride sont complètement occultés et n'ont pas encore été envisagés.

D'ailleurs les Contributions Prévues Déterminées au niveau National (CPDN en anglais INDCs – Intended Nationally Determined Contributions) de ces cinq pays ne tiennent pas compte dans les options d'atténuation proposées d'ici 2030, du potentiel de SC par les écosystèmes forestiers de leurs régions semi-arides à arides.

6. Approche méthodologique pour l'évaluation du potentiel de SC

Afin de mieux évaluer ce potentiel de séquestration du carbone des zones semi-arides à arides de la région MENA, nous allons essayer de concevoir un programme d'activités par pays et d'estimer les quantités de carbones qu'il serait en mesure de séquestrer.

Dans une première étape, nous allons identifier l'outil que nous allons utiliser. Dans une seconde étape, nous définirons l'approche méthodologique pour la mise en œuvre de cette évaluation.

6.1. EX-ACT en quelques lignes

Concernant l'outil d'évaluation des émissions de GES des écosystèmes forestiers des régions semi-arides à arides de la région MENA, notre choix s'est porté sur EX-ACT (EX-ante Carbon-balance Tool). C'est un outil développé par la FAO⁹ (<http://www.fao.org/tc/exact/accueil-ex-act/fr/>) et mis à la disposition des usagers. Il est relativement aisé d'utilisation tout en présentant l'avantage d'être connu par les professionnels de la région.

C'est un outil spécialisé dans l'évaluation du bilan carbone des secteurs de l'agriculture, et des CATF. Il a été développé en utilisant principalement les lignes directrices du GIEC et en se basant sur le chapitre 8 «Agriculture» du 4^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC/Groupe de travail 3 (Smith, et al., 2007). Une description plus détaillée de cet outil figure à l'annexe 9.

6.2. Quelles régions choisir

En fonction du rapport des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle, on compte 4 grandes familles dans les régions sèches:

- les régions hyperarides: Elles sont constituées par des sols sablonneux et/ou rocailloux, dénudés de toutes végétations et associés à un potentiel de SC particulièrement faible. Seuls les oasis pourraient constituer des écosystèmes susceptibles de séquestrer du carbone.
- les régions semi-arides & arides: Composées par des écosystèmes steppiques, de garrigues et/ou de maquis, le plus souvent dégradés ainsi que des parcours. Ils offrent plusieurs options en termes d'aménagement, de restauration et/ou de mise en défens. Tenant compte des grandes superficies disponibles, ces biomes sont susceptibles de présenter un potentiel de SC relativement intéressant
- Les régions humides sèches: Elles contiennent une partie des forêts des pays de la région MENA au sens classique du terme. L'évaluation du potentiel de SC de ces forêts a été déjà réalisée dans le cadre des communications nationales des différents pays au titre de la CCNUCC.

⁹ Il a été conjointement développé par trois divisions de la FAO, TCS: Policy and Programme Development Support Division
TCI: Investment Centre Division
ESA: Agricultural Development Economics Division

Cette description ne s'applique guère à l'Égypte dont le territoire est constitué à plus de 94 % de déserts avec quelques oasis très disparates. Le reste est constitué par la vallée du Nil, siège d'une activité agricole irriguée intensive qui ne rentre pas dans le cadre des écosystèmes forestiers.

6.3. Quels écosystèmes considérer

Conformément aux TDRs, les écosystèmes forestiers objet de cette étude ont été définis comme suit " tout couvert forestier et toutes autres végétations naturelles qui existent dans les zones arides et désertiques de la région MENA. Ces couverts englobent à titre indicatif et non exhaustif, l'ensemble des terres régies par la réglementation nationale forestière y compris les zones de parcours, les steppes, les garrigues, les maquis, les oasis, les forêts, les reliques de forêts, les espaces reboisés, etc.". Cette définition délimite exactement les écosystèmes forestiers qui seront considérés dans cette étude. On note par ailleurs qu'elle exclue systématiquement tous les écosystèmes agricoles.

6.4. Quelles pratiques considérer

Ainsi, la définition des écosystèmes forestiers excluent systématiquement tous les types d'activités agricoles à l'exception de l'élevage extensif. Pour cela, nous pouvons considérer :

- Les bonnes pratiques dans les régions semi-arides à arides de la région MENA, notamment en termes de restauration et/ou d'aménagement des parcours et des prairies, qui engendrent un changement dans les affectations de sols associées à une augmentation dans la SC.
- l'ensemble des bonnes pratiques dans les régions semi-arides à arides de la région MENA notamment tout ce qui concerne la mise en défens des parcours et qui sont susceptibles d'engendrer une augmentation de la SC.
- Les activités liées à la lutte contre la désertification, notamment une bonne gestion des oasis se traduisant par de meilleures potentialités en termes de SC.

6.5. Les différentes étapes

L'approche méthodologique préconisée s'articule autour des étapes suivantes :

- 1- Collecter des statistiques sur les superficies des affectations des sols des régions semi-arides à aride des 5 pays (Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte et Jordanie)
- 2- Faire un Inventaire des bonnes pratiques de gestion des écosystèmes forestiers dans les régions semi-arides à arides de la région MENA.
- 3- Se référer aux circonstances nationales
 - Contributions Prévues Déterminées au niveau National (CPDN en anglais INDCs)
 - Communications nationales des pays au titre de la CCNUCC
 - Politiques, stratégies et programmes d'actions en relation avec la gestion des ressources naturelles
- 4- faire une synthèse de deux à trois pratiques de gestion des écosystèmes forestiers les plus courantes dans chacun des 5 pays ayant un potentiel en termes de SC.
- 5- Sur la base de cette synthèse, concevoir un programme par pays composé de deux à trois activités spécifiques au dit pays.

- 6- A chaque activité, il y a lieu de construire:
 - un scénario 1: Correspondant à un état de référence
 - un scénario 2: Correspondant à une activité porteur d'une intervention planifiée.
- 7- A chaque activité on définira:
 - une période de mise en œuvre de 5 ans,
 - suivi d'une période de capitalisation de 20 ans qui permettra de recueillir les services environnementaux relatifs à la SC.
- 8- Traduire la mise en œuvre de ces activités par des changements dans les affectations des sols conformément à la nomenclature utilisée par EX-ACT.
- 9- Utiliser le logiciel EX-ACT de la FAO pour évaluer les quantités de carbone séquestrées durant la période considérée puis les ramener à l'année.

Une synthèse des résultats de modélisation de séquestration de carbone dans les 5 pays MENA est présentée en annexe 10.

7. Contribution des écosystèmes forestiers à l'atténuation des émissions de GES en Algérie

Nous nous proposons de construire un programme d'activités spécifiques au CATF en Algérie, et susceptible de présenter un potentiel en termes de SC.

7.1. Orientations et stratégies de références

Pour cela, l'approche consiste à :

- Se référer aux INDCs de l'Algérie qui constituent l'engagement le plus récent du pays en matière de réduction et/ou séquestration des émissions de GES ;
- Consulter la 2^{ème} Communication nationale de l'Algérie au titre de la CCNUCC et s'inspirer des options d'atténuation des émissions de GES identifiées pour le secteur des CATF;
- Choisir des options spécifiques à l'Algérie qui font parties de l'ensemble des politiques et des stratégies nationales en matière de gestion des ressources naturelles.

Contributions Prévues Déterminées au niveau National « INDCs » de l'Algérie

Les INDCs de l'Algérie, publiée le 3 septembre 2015, ont été élaborée dans un cadre intersectoriel et ont bénéficié d'un processus de consultation engagé entre les différentes parties prenantes au niveau national (la Conférence Nationale de Concertation sur le Climat organisée le 28 juillet 2015).

La stratégie d'atténuation de l'Algérie couvre principalement les secteurs de l'énergie, des forêts, de l'habitat, des transports, de l'industrie et des déchets. Elle se base notamment sur les programmes nationaux d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Les stratégies phares dans le secteur des CATF couvre le boisement, le reboisement, la prévention des incendies de forêts, etc.

En comptant sur ses moyens propres, l'objectif des INDCs algériennes est de réduire ses émissions de GES de 7 %, à l'horizon 2030, par rapport à un scénario de référence. Un effort additionnel, subordonnée aux soutiens en matière de financements extérieurs, permettrait à cet objectif atteindre les 22 %, à l'horizon 2030.

Deuxième Communication Nationale du Algérie au titre de la CCNUCC

La 2^{ème} Communication Nationale de l'Algérie au titre de la CCNUCC, publiée en 2010, a permis d'asseoir une vision claire quant aux mesures prises en termes d'adaptation aux effets néfastes du CC et d'atténuation des émissions de GES, tout en assurant une continuité entre les actions déjà réalisées et celles projetées.

Pour ce qui est des mesures d'atténuation, cette communication s'est attachée à présenter les grands projets de réduction des émissions de GES réalisés par l'Algérie, en particulier ceux concernant l'élimination des gaz de torches dans les champs pétroliers, ceux ayant trait à la maîtrise de la consommation d'énergie dans les secteurs tant de l'énergie que de l'industrie, du bâtiment et des transports, ainsi que ceux impliquant l'introduction des énergies renouvelables.

Plan National de Reboisement

L'Algérie a adopté un Plan National de Reboisement (PNR) qui est une stratégie à long terme visant la plantation de 1 245 900 ha pour augmenter le taux de boisement de 11% à 13% à l'horizon 2020. Il vise notamment, l'extension du couvert forestier, la poursuite et la consolidation du barrage vert et l'aménagement de 52 bassins versants sur une superficie de 7,5 millions d'ha.

Orientations de la politique agricole

Consciente de la question des CCs, la politique agricole a été orientée vers la mise en œuvre d'un programme ayant pour objectif la gestion rationnelle des ressources naturelles et l'adaptation des systèmes de productions pour atténuer les impacts sur les territoires de la steppe par:

- La réhabilitation des parcours, sur une superficie de 3 000 000 ha, portant ainsi l'offre pastorale des parcours de 525 millions (en 1996) à 1,3 milliards équivalent kg d'orge ;
- La mobilisation accrue des eaux, par une densification de réseau d'abreuvement, passant d'un point d'eau pour 6 000 ha à 2 500 ha ainsi que le développement de l'irrigation par épandage de crue de près de 500 000 ha.

Ce générique d'actions a été formalisé en un programme spécifique de lutte contre la désertification dans le cadre de la politique du renouveau de l'économie agricole et rurale.

Occupation des sols en Algérie

L'occupation des sols en Algérie montre que les parcours occupent 79% du territoire, contre 18% de terres cultivées. Les forêts occupent, quant à elles, occupent seulement 2 % de la superficie totale de l'Algérie (Tableau 18).

Tableau 18: Occupation des sols en Algérie (Nedjraoui, 2012)

Occupation des sols	Superficie en ha	Pourcentage
Agricole	42 443 860	18%
Agricole Utile	8 445 490	20%
Pacages et parcours	32 942 086	78%
Terres improductives des exploitations agricoles	1 056 284	2%
Terres improductives non affectées à l'agriculture	188 969 410	79%
Terres alfatières	2 504 990	1%
Terres forestières (bois, forêts, maquis...)	4 255 840	2%
Total de la superficie territoriale	238 174 100	100%

Près de 33 millions d'hectares sont utilisés comme pacages et parcours et constituent le domaine essentiel du pastoralisme en Algérie. Les steppes à Alfa assurent la transition entre les groupements forestiers et les groupements steppiques. Les surfaces occupées par l'alfa étaient de 5 millions d'hectares au début du siècle, elles sont réduites à moins de 3 millions d'hectares à ce jour.

7.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions de GES dans le secteur des CATF

Le programme d'atténuation des émissions de GES en Algérie, conçu dans le cadre de la présente étude, concerne les activités suivantes :

- Reboisement et extension du couvert forestier pour atteindre 1 245 000 ha
- Réhabilitation des parcours sur une superficie de 3 000 000 ha

Dans ce qui suit, ces deux activités sont développées :

Activité 1 : Reboisement et extension du couvert forestier

Cette activité concerne la mise en œuvre du Programme national de reboisement à travers le reboisement d'une superficie annuelle de 249 000 ha de forêts dans les zones aride et semi-aride, soit un total de 1 245 000 ha sur les cinq ans de mise en œuvre.

Activité 2 : Réhabilitation des parcours

Les terres consacrées à la production pastorale couvrent 33 millions d'hectares répartis entre les prairies naturelles, les cultures fourragères, la jachère et les parcours (87,7%). L'idée de cette activité repose sur la réhabilitation de près de 10 % des parcours (3 000 000 ha sur 5 ans, soit 600 000 ha/an). Cette activité est d'une grande importance pour le développement du secteur de l'élevage et ce en plus de la séquestration de Carbone qu'elle peut engendrer. Pour cela, on compte passer d'une augmentation annuelle du cheptel ovine de 2% à 4%

7.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone

L'évaluation du potentiel d'atténuation/séquestration des émissions de GES du programme de l'Algérie a été faite moyennant l'outil EX-ACT.

Tableau 19 : Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de l'Algérie par activités et activité

Activité	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (après 5 ans)	Quantité de CO ₂ sans activité	Quantité de CO ₂ avec activité	Bilan net de CO ₂
Activité 1	Reboisement et extension du couvert forestier	249 000	1 245 000	0	-275 967 945	-275 967 945
Activité 2	Réhabilitation des parcours	600 000	3 000 000	104 500 000	-20 900 000	-125 400 000
		Sans activité (Augmentation de 2% /an)	Avec activité (Augmentation de 4% /an)			
Activité3	Augmentation annuelle du cheptel ovin de (tête)	48 000	96 000	288 680	577 360	288 680
Total				104 788 680	-296 290 585	-401 079 265

NB : Tous les GES sont en tCO₂eq ; Positif = émission et négatif = absorption.

Le programme de l'Algérie, sur les 25 ans (5 ans de mise en œuvre et 20 ans de capitalisation) a donné les résultats suivants :

- Sans programme, les quantités de Carbone dégagées seraient de l'ordre de 104 Millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt CO₂-eq);
- Avec la mise en œuvre du programme, les quantités de Carbone séquestrées seraient de l'ordre de (-) 296.3 Mt CO₂-eq;
- soit un bilan net de Carbone séquestré de l'ordre de (-) 401 Mt CO₂-eq.

Au niveau des activités, cet exercice a également permis de mettre en exergue les résultats suivants :

- L'activité 1 relative au Reboisement et à l'extension du couvert forestier sur 1 245 000 ha présenterait un potentiel de SC particulièrement important, de (276 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.
- Quant à l'activité 2 relative à la Réhabilitation des parcours sur une superficie de 3 000 000 ha, elle présenterait aussi un potentiel de SC important, de (125 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.

Ce programme algérien de SC par les CATF permettrait la séquestration de 401 Mt CO₂-eq sur 25 ans, soit une moyenne annuelle de l'ordre de 16 Mt CO₂-eq. Ce chiffre est intéressant, il représente 15,5 % des émissions nettes de l'Algérie pour l'année 2010. Il faut approfondir la réflexion sur cette question et surtout procéder à des comparaisons avec le potentiel d'atténuation des GES. Ces données ne sont pas disponibles pour le moment, même les INDCs de l'Algérie fournissent des

objectifs d'atténuation des émissions de GES en % par rapport à un scénario de référence mais il n'y a pas de mentions concernant les quantités de GES évitées

8. Contribution des écosystèmes forestiers à l'atténuation des émissions de GES en Egypte

Nous nous proposons de construire un programme d'activités spécifiques au CATF en Egypte, et susceptible de présenter un potentiel en termes de SC.

8.1. Orientations et stratégies de références

Contributions Prévues Déterminées au niveau National « INDCs » de l'Egypte

Les INDCs de l'Egypte, publiées le 16 novembre 2015, concernent les deux volets de l'adaptation aux effets néfastes des CCs et de l'atténuation des émissions de GES. Le document a passé en revue l'ensemble de la politique nationale en matière de CC tout en mettant en exergue les grands projets programmés. Par ailleurs, le document mentionne un certain nombre de mesures d'atténuation qui concernent les secteurs de l'énergie, des déchets, de l'agriculture, sans aucune référence à leurs potentiels. En fait, l'INDCs de l'Egypte ne comporte pas de détails concernant les diminutions des émissions de GES, qu'elles soient volontaires et/ou conditionnées.

Deuxième communication nationale de l'Egypte au titre de la CCNUCC

La 2^{ème} communication nationale de l'Egypte au titre de la CCNUCC, publiée en Avril 2010, a passé en revue un ensemble de mesures d'atténuation des émissions de GES ainsi que la vulnérabilité et les mesures d'adaptation aux CCs pour l'ensemble des écosystèmes égyptiens. Les mesures d'atténuation ont concerné les secteurs de l'énergie, de l'industrie, de l'agriculture et des déchets, le secteur des CATF n'a pas été abordé.

Ressources pastorales

L'Egypte est un pays connu pour son aridité. La pluviométrie est inférieure à 100 mm/an sur la plupart des régions, à l'exception de certaines régions côtières où la pluviométrie peut atteindre, voire dépasser les 200 mm/an.

La superficie des terres de parcours en Egypte se situerait entre 4 et 10 millions d'hectares (Hegazi et al. 2005). Les principales zones de parcours sont réparties sur la région côtière du Nord-Ouest, la péninsule du Sinaï et la région Halayeb - Shalayin dans le sud-est de l'Egypte, en bordure de la mer Rouge. Dans ces régions, l'élevage est traditionnellement la principale occupation des bédouins, il est basé sur les parcours en tant que principale source d'alimentation. La végétation se caractérise par des peuplements d'arbustes et de chaméphytes avec la présence d'un tapis herbacée à base de graminées et de thérophytes.

8.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF

Compte tenu de l'importance des superficies occupées par les parcours et vu leurs utilités aussi bien sur le plan économique qu'écosystémique ainsi que leur degré de dégradation, la réflexion a été dirigée vers l'aménagement de ces écosystèmes afin d'améliorer leur fonction économique et écologique.

Ainsi, le programme d'atténuation des émissions de GES en Egypte, développé dans le cadre de la présente étude, concerne exclusivement la gestion des écosystèmes pastoraux. Il comprend l'activité

suivante : Restauration et régénération des parcours. Sur la base d'une la superficie moyenne de parcours de 7 millions d'hectare (dans la région côtière du Nord-Ouest, la péninsule du Sinaï et la région Halayeb – Shalayin), la présente activité consiste à aménager et à restaurer 700 000 ha (10 % de la superficie totale) durant les 5 ans de mise en œuvre du programme, à un rythme de 140 000 ha/an.

8.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone

L'évaluation du potentiel d'atténuation/séquestration de ce programme a donné les résultats suivants:

Tableau 20 : Evaluation du potentiel de séquestration du carbone de programme de l'Egypte par l'outil EX-ACT

Activité	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (après 5 ans)	Quantité de CO2 sans activité	Quantité de CO2 avec activité	Bilan net de CO2
Activité 1	l'aménagement et la restauration de 10 % de la superficie totale des parcours en Egypte	140 000	700 000	0	-24 383 333	-24 383 333
Total				0	-24 383 333	-24 383 333

NB : Tous les GES sont en tCO₂eq ; Positif = émission et négatif = absorption.

Le programme de l'Egypte, sur les 25 ans (5 ans de mise en œuvre et 20 ans de capitalisation) permettrait de séquestrer une quantité de Carbone de l'ordre de (-) 24,4 Mt CO₂-eq; soit près 1 Mt CO₂-eq par an. La simple comparaison de ce potentiel d'atténuation de ce programme pour le secteur des CATF (près 1 Mt CO₂-eq) avec les émissions nettes de l'Egypte de l'an 2000 (près de 193 Mt CO₂-eq) ne permet pas de tirer des conclusions significatives.

Les INDCs de l'Egypte ainsi que sa 2^{ème} communication nationale ont permis l'identification d'un certain nombre de mesures d'atténuation des émissions de GES dans les secteurs de l'énergie, de l'industrie, de l'agriculture et des déchets néanmoins le potentiel global d'atténuation n'a pas été évalué et quantifié. Il faut approfondir la réflexion sur cette question et surtout faire des comparaisons avec le potentiel d'atténuation des GES. Ces données ne sont pas disponibles pour le moment. Autrement, l'agriculture pourrait également jouer un rôle important dans la SC en Egypte.

9. Contribution des écosystèmes forestiers à l'atténuation des émissions de GES en Jordanie

Nous nous proposons de construire un programme d'activités spécifiques au CATF en Jordanie, et susceptible de présenter un potentiel en termes de SC.

9.1. Politiques, stratégies et engagements en relation avec les ressources naturelles

Contributions Prévues Déterminées au niveau National « INDCs »

Les INDCs de la Jordanie mentionnent une diminution volontaire de ses émissions de GES de l'ordre de 14 % d'ici 2030. Moyennant la mise à disposition d'un support financier et d'un appui technologique, la Jordanie s'engagerait à réduire ses émissions de GES d'une quantité supplémentaire d'au moins 12,5% d'ici 2030. L'atteinte de ces deux objectifs repose sur la mise en œuvre d'au moins 70 projets : 43 projets sectoriels résultant du scénario d'atténuation élaboré dans le cadre de la 3^{ème} Communication Nationale (2014) au titre de la CCNUCC et de 27 autres nouveaux projets prioritaires.

La 3^{ème} Communication nationale de la Jordanie au titre de la CCNUCC

La 3^{ème} communication nationale de la Jordanie, publiée le 2 décembre 2014, a passé en revue les initiatives nationales entreprises et programmées pouvant contribuer à l'atténuation des émissions de GES. Elle a également présenté les dispositions législatives et institutionnelles prises par les secteurs économiques afin de contribuer à l'atténuation des émissions de GES.

Dans le secteur des CATF, les émissions de CO₂ due aux sols (1,2 Mt CO₂-eq) sont largement supérieures à l'absorption assurée par les forêts (-0,4 Mt CO₂-eq). Le Scénario de référence pour le secteur des CATF se base sur les deux aspects suivants :

- La production de fourrage par la remise en état des terres de parcours, le contrôle du surpâturage dans les parcours, l'introduction d'espèces à forte productivité dans des conditions de sécheresse ainsi que la promotion et la réutilisation des eaux usées
- La conservation des forêts face aux fréquences des cycles de sécheresse, à l'expansion urbaine et rurale, aux d'incendies attendus et à la coupe d'arbres pour le carburant.

Politique du royaume Hachémite de Jordanie en matière de changement climatique

En nous référant à la politique du royaume Hachémite de Jordanie en matière de changement climatique (Minister of the Environment, The National Climate Change Policy of the Hashemite Kingdom of Jordan: 2013-2020), le module des CAFT a intégré le changement d'affectation des forêts et des autres stockages dans les biomasses de bois, la conversion et l'aménagement des prairies, la mise en défens des parcours et l'émission/absorption du CO₂ des sols. Les objectifs stratégiques pour le secteur des CATF sont :

- Le développement d'opportunités d'atténuation et d'adaptation dans le cadre d'une approche intégrée;
- La SC par une bonne gestion forestière.

Stratégie jordanienne de réduction de la pauvreté (2013)

Cette stratégie est surtout orientée vers une utilisation intensive des parcours. Ainsi, parmi les axes recommandés figurent une :

- Évaluation des zones de parcours prometteurs pour le développement
- Construction d'un système de stockage d'eau de pluie et de structures de collecte de l'eau au niveau de la ferme (l'utilisation varie d'une zone de précipitations à l'autre)
- Développement des parcours sur voies d'eau (localement appelés Marabs)
- Gestion des réserves de pâturages sur les terres publiques par des coopératives d'éleveurs
- Amélioration de la production des parcours en intégrant les techniques de collecte d'eau.

En général, les pratiques visant à générer des potentiels de SC sont plus dans une logique d'une exploitation extensive des ressources naturelles. Ils seraient complémentaires à cette vision d'utilisation intensive des ressources naturelle prônée par cette Stratégie.

Occupation des sols en Jordanie

La Jordanie est un pays particulièrement aride : 67% de son territoire reçoit moins de 100 mm/an de pluie alors que seulement près de 10 % reçoivent plus de 200 mm/an (OSS, Ali Ferchichi, 2013). Ce qui est communément appelé la Badiah est un espace aride à hyperaride recouvrant aux environs de 90 % du territoire jordanien :

- Régions où les précipitations sont < à 100 mm/an : Elles occupent 7 100 000 ha et sont complètement dédiées à l'élevage intensif. La productivité est faible, de l'ordre de 40 kg/ha.
- Régions où les précipitations sont comprises entre 100 et 200 mm/an: Elles occupent 1 million d'ha dont 50 % sont dédiées à l'élevage intensif, 40 % à l'agriculture pluviale et 10 % à l'agriculture irriguée. La productivité de ces parcours est moyenne (1000 kg/ha).

9.2. Programme d'atténuation des émissions de GES

Le programme de SC en Jordanie développé dans le cadre de la présente étude concerne la gestion des écosystèmes pastoraux. Il comprend les activités suivantes :

- Mise en défens des parcours ;
- Restauration et régénération des parcours ;
- Reboisement et aménagement des forêts.

Dans ce qui suit, ces trois activités sont développées.

Activité 1 : Mise en défens des parcours

Cette activité vise la mise en défens de 350 000 ha (\approx 5% de la superficie totale de la Badiah où les précipitations < 100 mm/an) à raison de 70 000 ha/an.

Activité 2 : Restauration et régénération des parcours

Cette deuxième activité consiste en la régénération et l'amélioration des parcours sur 100 000 ha (10% de la superficie de la Badiah où les précipitations sont comprises entre 100 et 200 mm/an) :

- Régénération et amélioration des parcours dans la région de Mafraq dans l'ouest le long de la frontière syrienne, à raison de 8 000 ha par an
- Régénération et amélioration des parcours dans la région de Ras El - Naqab au Sud et Mafraq au Nord, à raison de 12 000 ha par an

Activité 3 : Reboisement et aménagement des forêts

Cette 3^{ème} activité concerne le reboisement et l'aménagement de 25 % des forêts déboisées qui se situent dans la zone des précipitations comprises entre 300 mm et 500 mm, soit 80 000 ha à raison de 16 000 ha/an. Cette activité a été déjà identifiée dans la 3^{ème} Communication nationale de la Jordanie

9.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone

L'évaluation du potentiel d'atténuation de GES de ce programme qui comprend les trois activités sub-mentionnés, a fourni les résultats qui figurent dans le tableau qui suit:

Tableau 21: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Jordanie par activité et activité

Activité	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (après 5 ans)	Quantité de CO ₂ sans activité	Quantité de CO ₂ avec activité	Bilan net de CO ₂
Activité 1	Mise en défens des parcours sur pâturées	70 000	350 000	0	-15 890 747	-15 890 747
Activité 2	Régénération et amélioration des parcours dans la région de Mafraq le long de la frontière syrienne	8 000	40 000	0	-1 672 000	-1 672 000
	Régénération et amélioration des parcours dans la région de Ras El - Naqab au Sud et Mafraq au Nord	12 000	60 000	0	-3 678 400	-3 678 400
Activité 3	reboisement et l'aménagement des 25 % des forêts déboisées	16 000	80 000	0	-18 055 488	-18 055 488
Total				0	-39 296 635	-39 296 635

NB : Tous les GES sont en tCO₂eq ; Positif = émission et négatif = absorption.

Ainsi, la mise en œuvre du programme de la Jordanie, sur les 25 ans (5 ans de mise en œuvre et 20 ans de capitalisation), permettrait la séquestration de (-) 39,3 Mt CO₂-eq de carbone soit un potentiel de séquestration moyen annuel de Mt CO₂-eq.

Au niveau des activités, cet exercice a permis de mettre en exergue les résultats suivants :

- L'activité 3 relative au reboisement et l'aménagement des 25 % des forêts déboisées est celle qui présente les quantités de carbone séquestrés les plus importantes (18 Mt CO₂-eq)
- L'activité 1: Mise en défens des parcours sur pâturées, elle présente également un potentiel de SC intéressant (15,9 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.
- En revanche, l'activité 2 relative à la régénération et l'amélioration des parcours, elle n'est pas particulièrement performante en termes de SC.

En se référant aux INDCs de la Jordanie, l'atténuation des émissions des GES serait de 3,5 Mt CO₂-eq en 2020 et atteindrait 5,2 MTe-CO₂ en 2030, soit un potentiel moyen annuel de l'ordre de 4.4 MTe-CO₂. Sachant que le programme d'atténuation proposé offre un potentiel d'atténuation moyen de 1.6 MTe-CO₂, soit 37% du potentiel moyen annuel d'atténuation de la Jordanie programmé dans l'INDCs. Ce programme présente indéniablement un intérêt important et mérite d'être approfondi.

10. Contribution des écosystèmes forestiers à l'atténuation des émissions de GES en Maroc

Nous nous proposons de construire un programme d'activités spécifiques au CATF au Maroc, et susceptible de présenter un potentiel en termes de SC.

10.1. Options et stratégies de références

Pour cela, l'approche consiste à :

- Se référer aux INDCs du Maroc qui constituent l'engagement le plus récent du pays
- Consulter la 2ème Communication nationale du Maroc au titre de la CCNUCC et s'inspirer des options d'atténuation des émissions de GES identifiées pour le secteur des CATF;
- Choisir des options spécifiques au Maroc qui font partie de l'ensemble des politiques et des stratégies nationales en matière de gestion des ressources naturelles.

Contributions Prévues Déterminées au niveau National « INDCs »

Les INDCs du Maroc, publiée le 5 juin 2015, trouvent leur ancrage institutionnel dans la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD). Bien que le Maroc concentre ses efforts sur le secteur de l'énergie, ses objectifs d'atténuation des GES seront réalisés grâce à des mesures qui ont touché tous les secteurs de l'économie notamment ceux de l'agriculture et des CATF.

L'engagement global du Maroc est de réduire ses émissions des GES, en 2030, de 32 % par rapport à un scénario de référence. Cet objectif correspond à une atténuation cumulée de 401 Mt CO₂-eq sur la période de 2020-2030. Cet objectif global se compose :

- D'un objectif inconditionnel qui est de réduire de 13 % ses émissions des GES en 2030.
- En fonction de la disponibilité des ressources financières, le Maroc pourrait mettre en œuvre des engagements additionnels de réduction de ses émissions de GES de 19 %

Comme le montre la figure 40, le module des CATF contribuerait à hauteur de 5 % à l'effort national du Maroc d'atténuation de ses émissions de GES sur la période 2020-2030.

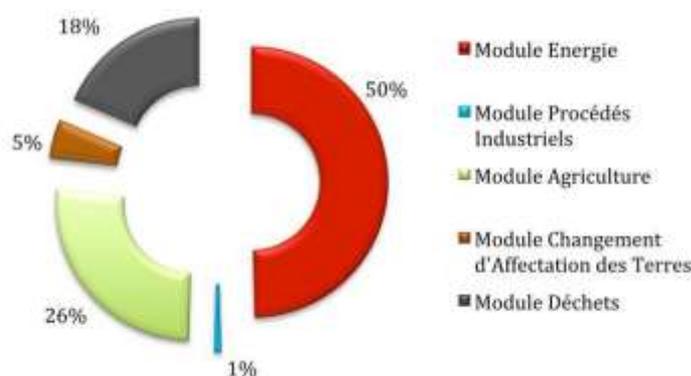


Figure 40: Répartition d'effort d'atténuation sur la période 2020-2030 par secteur selon l'objectif conditionnel

Stratégie marocaine de Préservation et de Gestion Durable de la Forêt

La stratégie de Préservation et de Gestion Durable de la Forêt du Maroc n'accorde pas d'intérêt particulier à la séquestration du carbone. Elle s'articule autour de cinq points :

- Le développement du domaine forestier et des régions avoisinantes ;
- La finalisation de la délimitation et la conservation foncière du domaine forestier ;
- La réalisation d'œilletonnage, de renouvellement ou de reboisement d'environ 50 000 ha/an ;
- La protection des bassins hydriques contre l'érosion et l'envasement des barrages ;
- La réhabilitation des écosystèmes et la protection de la faune et flore menacées ainsi que la valorisation de ces ressources.

La 2^{ème} Communication Nationale du Maroc au titre de la CCNUCC

La 2^{ème} Communication Nationale du Maroc, publiée en Avril 2010, fait état des dispositions nationales entreprises pour limiter les émissions marocaines de GES et atténuer les impacts liés à l'évolution du climat et aux CCs par des mesures d'adaptation appropriées. La stratégie d'atténuation des émissions de GES du Maroc pour le module CATF s'articule autour de trois axes d'investigation :

- Reforestation-Reboisement sur 45 000 ha/an d'Arganier
- Renforcement du programme oléicole à travers le reboisement sur 500 000 ha
 - Plantation de palmier-dattier dans les oasis du Tafilalet.

10.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF

Le programme d'activités d'atténuation des émissions de GES, développé dans le cadre de la présente étude, sera largement inspiré de la stratégie d'atténuation des émissions de GES du Maroc élaborée dans le cadre de sa 2^{ème} Communication nationale. Il comporte les activités suivantes :

- Reforestation-Reboisement sur 9 000 ha/an d'Arganier
- Renforcement du programme oléicole à travers le reboisement sur 500 000 ha
- Restauration et régénération des parcours

Dans ce qui suit, ces trois activités sont développées.

Activité 1 : Reforestation-Reboisement des forêts d'Arganier

La zone de l'Arganier s'étend sur une superficie estimée à 1,5 million d'hectares. Elle est très diversifiée sur les plans physiographique et climatique. Elle comporte :

- les steppes côtières du bioclimat saharien, avec des hivers de chauds à tempérés,
- les steppes boisées du bioclimat aride, avec des hivers de frais à chauds,
- les forêts d'Arganiers du bioclimat semi-aride, avec des hivers tempérés, associées à *Olea europea*, et autres.

Les Zones Oasiennes et de l'Arganier constituent un territoire vaste, recouvrant près de 40% du territoire national et constitué de 5 régions, 16 provinces et de 388 communes (Figure 41)



Figure 41: Les Zones Oasiennes et de l'Arganier au Maroc¹⁰

Le Maroc connaît un taux de déforestation important, estimé à plus de 30 000 ha par an. Les programmes de reboisement actuels n'arrivent à compenser qu'une partie, soit moins de 30%. Cette activité consiste en la conversion de 45 000 ha de terres marginales en des forêts d'Arganier sur une période de 5 ans, soit 9 000 par an.

Activité 2 : Renforcement du programme oléicole

L'olivier, de par ses produits et leurs utilisations séculaires, ainsi que ses fonctions multiples de lutte contre l'érosion, de valorisation des terres agricoles et de fixation des populations dans les

¹⁰Site Web de l'Agence Nationale des Zones Oasiennes et de l'Arganier (ANDZOA) <http://www.andzoa.ma/strategie.php>

zones de montagne, constitue la principale spéculation fruitière cultivée au Maroc. Il occupe une superficie de 680 000 ha, soit près de 55% du verger arboricole marocain. Presque les 2/3 de la superficie de l'olivier au Maroc est conduite en mode extensif.

En se référant au programme oléicole marocain, ce projet vise le renforcement du secteur oléicole par le boisement de 500 000 ha d'oliviers sur 5 ans, soit 100 000 ha/an, permettant une atténuation considérable des GES ainsi qu'un développement socio-économique très important.

Activité 3 : Restauration et régénération des parcours

Les principales sources de fourrage au Maroc sont les pâturages naturels, les chaumes et pailles, les fourrages semés, les jachères, les résidus de récoltes, les céréales et les sous-produits industriels. L'idée de cette activité est la réhabilitation des parcours en jachère et leur conversion en parcours. En plus de son importance dans le développement socio-économique et agricole, cette activité a un potentiel important en termes de SC. Cette activité repose sur deux hypothèses :

- Réhabilitation des parcours en jachère et leur conversion en parcours sur 100 000 ha/an sur 5 ans.
- Augmentation annuelle du cheptel ovin de 1 % à 2.5 %

10.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone

L'évaluation du potentiel d'atténuation de GES de ce programme du Maroc, sur les 25 ans (5 ans de mise en œuvre et 20 ans de capitalisation) a donné les résultats suivants :

- Sans programme, les quantités de Carbone dégagées seraient de l'ordre de 0.1 MTe-CO₂ ;
- Avec le programme, les quantités de Carbone séquestrées seraient de l'ordre de (-) 122.8 MTe-CO₂ ;
- soit un bilan net de Carbone séquestré de l'ordre de (-) 122.9 Millions de Te-CO₂.

Dans le tableau 22 qui suit, nous présentons les résultats en fonction de chacune des activités.

Tableau 22: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Maroc par activité

Activité	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (après 5 ans)	Quantité de CO ₂ sans activité	Quantité de CO ₂ avec activité	Bilan net de CO ₂
Activité 1	Conversion des terres marginales en des forêts d'Arganier	9 000	45 000	0	-7 920 000	-7 920 000
				0	126 555	126 555
Activité 2	Boisement d'olivier	100 000	500 000	0	-110 830 500	-110 830 500
Activité 3	Réhabilitation des parcours en jachère et leur conversion en parcours	100 000	500 000	0	-966 167	-966 167
				0	-3 483 333	-3 483 333
			Sans activité (Augmentation de 1%/an)	Avec activité (Augmentation de 2.5%/an)		
Activité 3	Augmentation annuelle du cheptel ovin de (tête)	18 000	45 000	108 255	270 637	162 382
Total				108 255	-122 802 808	-122 911 063

NB : Tous les GES sont en tCO₂eq ; Positif = émission et négatif = absorption

Cet exercice a permis de mettre en exergue les résultats suivants :

- L'activité 2 : relative au boisement d'Olivier est celle qui présente les quantités de carbone séquestrées les plus importantes (110,8 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.
- L'activité 1 : Conversion des terres marginales en forêts d'Arganier, est une pratique qui permettrait la séquestration de quantités intéressantes de carbone (7,9 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.
- L'activité 3 présente un potentiel limité en termes de SC (3,4 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.

En se référant aux INDCs Maroc, les réductions des émissions de GES par rapport au scénario de référence seraient de l'ordre de 401 millions tCO₂ sur toute la période 2020-2030, soit une réduction moyenne annuelle de 36,5 Mt CO₂-eq.

Ce programme marocain de SC par les CATF permettrait la séquestration de 112,9 Mt CO₂-eq sur 25 ans, soit une moyenne annuelle de 4,5 Mt CO₂-eq. Ainsi, ce programme est en mesure de contribuer à hauteur de 12,3 % aux engagements pris par le Maroc au titre de ses INDCs. Une telle contribution serait aussi intéressante que prometteuse.

11. Contribution des écosystèmes forestier à l'atténuation des émissions de GES en Tunisie

Nous nous proposons de construire un programme d'activités spécifiques au CATF en Tunisie, et susceptible de présenter un potentiel en termes de SC.

11.1. Orientations et stratégies de références

Pour cela, l'approche consiste à :

- Se référer aux INDCs de la Tunisie qui constituent l'engagement le plus récent du pays ;
- Consulter la 2ème Communication nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC et s'inspirer des options d'atténuation des émissions de GES identifiées pour le secteur des CATF.
- Choisir des options spécifiques au pays qui font parties de l'ensemble des politiques et des stratégies nationales en matière de gestion des ressources naturelles.

Contributions Prévués Déterminées au niveau National « INDCs »

Les INDCs de la Tunisie, publiées en Aout 2015, mentionnent une contribution inconditionnelle correspondant à une baisse de son intensité carbone de 13% par rapport à 2010. A cela s'ajoute une contribution conditionnelle d'une baisse additionnelle de 28% de son intensité carbone, soit une baisse totale de 41 %. Ces contributions de la Tunisie s'articulent essentiellement autour du secteur de l'énergie qui représente à lui seul 75% des réductions des émissions nationales.

La ligne de base des CATF considère une poursuite tendancielle des mesures de reboisement et de conservation habituellement menées par la Direction Générale de la Forêt, ainsi que les mêmes rythmes de progression de l'arboriculture. Quant au Scénario d'atténuation des CATF, il considère un renforcement des sept actions de reboisement et conservation déjà considérées dans la ligne de base et l'ajout de 3 nouvelles actions.

La 2ème Communication Nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC

La 2^{ème} communication nationale de la Tunisie a passé en revue les initiatives nationales entreprises et programmées pouvant contribuer à l'atténuation des émissions de GES. Elle a également présenté les dispositions législatives et institutionnelles ainsi que les mesures prises afin de contribuer à l'atténuation des émissions de GES. Concernant le secteur des CATF, cinq mesures d'absorption et de réduction des émissions de GES ont été identifiées. Ces mêmes mesures ont été à la base de scénario d'atténuation relatif à la stratégie nationale sur les changements climatique. Elles sont rapportées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23: Récapitulatif des mesures d'absorption et de réduction des GES découlant des options d'atténuation dans le secteur du CATF, à l'horizon 2020¹¹

Actions	Superficie (1000 ha)	Réductions/an (Kte-CO ₂)	Cumul jusqu'à 2020 (Kte-CO ₂)
Régénération des forêts de chênes lièges	20	30	300
Plantation de plantes à usages multiples sur terres marginales	115	690	6900
Amélioration des rendements d'utilisation du bois à des fins énergétiques		7,9	79
Conversion des terres marginales à très faible productivité en plantation à usage multiples	50	64,2	642
Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le sud tunisien	8	4,7	47
Total		796,8	7968

Kte-CO₂: Kilo (10³) tonne CO₂

La Stratégie Nationale sur le Changement climatique

La Stratégie Nationale sur le Changement climatique (SNCC, 2012) a proposé trois scénarios contrastés avec une priorité donnée à l'économie dans le premier, au social dans le deuxième, et une dominante écologique dans le troisième. Un scénario préférentiel a été identifié en concertation avec l'ensemble des partenaires. Il se base sur l'hypothèse d'une gouvernance climatique mondiale forte, relativement contraignante pour un pays comme la Tunisie.

Sur cette base, les principales orientations stratégiques sont :

- Présence active au niveau international pour profiter des opportunités de financement;
- Bâti sur le débat national sur l'énergie (2013) afin d'actualiser la stratégie de l'énergie;
- Découplage entre la croissance économique et les émissions GES et l'intensité carbone;
- Profiter des gisements d'énergie renouvelable (surtout solaire) disponibles même si le coût de son exploitation demeure élevé (Plan Solaire Méditerranéen, Medgrid, Désertec, etc.);
- Intégrer (mainstreaming) de l'adaptation aux CCs dans la planification des activités des secteurs notamment en utilisant les stratégies sectorielles d'adaptation au CC déjà élaborées.

11.2. Conception d'un programme d'atténuation des émissions GES dans le secteur des CATF

La réflexion a été orientée vers l'aménagement des formations steppiques, alfatières et pastorales afin de maximiser leur potentiel de SC. Elle a tenu compte de :

- l'importance des superficies occupées par les formations steppiques, alfatières et pastorales ;
- leur utilité aussi bien sur le plan économique qu'écosystémique;
- et surtout le degré de dégradation des parcours.

¹¹ 2^{ème} Communication Nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC – Décembre 2013

Ainsi, le programme d'activités comprend les activités suivantes :

- Restauration et régénération des parcours ;
- Mise en défens des parcours ;
- Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le sud tunisien.

Dans ce qui suit, ces trois activités sont développées.

Activité1 : Restauration et régénération des parcours

La conversion des terres marginales, souvent peu productive et économiquement non rentable, en d'autres plantations mieux adaptées pour assurer une couverture permanente des sols, offrirait des solutions intéressantes aux problèmes de dégradation des terres et de lutte contre différentes formes d'érosion, tout en présentant d'importants réserves pour la SC¹². L'occupation prévue des sols sur la période 1997-2020 montre une diminution des superficies de parcours, de broussailles, de maquis et de garigues, au détriment des forêts, des plantations pastorales et des parcours améliorés/aménagés. Cette première activité consiste à concrétiser cette tendance à travers la conversion de 250 000 ha de terres marginales en parcours sur une période de 5 ans (soit 50 000 par an) subdivisés comme suit :

- Boisement d'oliviers en extensif, à raison de 10 000 ha/an;
- Régénération des steppes d'alfa dans les gouvernorats alfatiers (Kasserine, Sidi Bouzid, Gafsa et Kairouan), à raison de 10 000 ha/an;
- Restauration et régénération des parcours, à raison de 10 000 ha/an.

Activité 2 : Mise en défens des parcours de Dhahar et El-Ouara

Le schéma général de l'exploitation des parcours collectifs de Dhahar et El-Ouara est dicté par différents facteurs dont la pluviométrie, l'état du couvert végétal, l'accessibilité et la présence de points d'eau équipés. La transhumance des grands troupeaux d'un parcours vers un autre est une pratique encore utilisée.

L'activité 2 consiste à améliorer l'aménagement des deux parcours de Dhahar et El-Ouara à travers la mise en défens simple et/ou repos temporaire, de 50 000 ha/an. Ces pratiques permettent l'extériorisation des potentialités de régénération de la végétation qui se traduit par l'évolution de l'écosystème vers une plus grande hétérogénéité et une très forte diversité floristique. Quant aux hypothèses relatives à l'augmentation annuelle du bétail, elles seront de 1 % à 2.5 %.

Activité3 : Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le Sud tunisien

La lutte contre la désertification et ses implications, notamment contre l'ensablement, est une nécessité absolue dans le Sud tunisien. La construction de fixations physiques (ex. tabias) destinées à limiter les mouvements de sable s'est révélée parmi les actions les plus efficaces pratiquées en Tunisie. L'activité 3 consiste à réaliser 8000 ha/an de plantations d'arbres et d'arbustes, dans tous les gouvernorats du Sud devant servir de fixations biologiques aux ouvrages physiques existants. Ces plantations seraient elles-mêmes consolidées par des bandes forestières et par des opérations d'entretien post-plantation (notamment des arrosages). Cette pratique permet aussi bien la fixation des ouvrages de lutte contre l'érosion éolienne ainsi que la séquestration du CO₂.

¹² Communication Initiale de la Tunisie au titre de la CCNUCC – Octobre 2001

11.3. Evaluation du potentiel de séquestration du Carbone

L'évaluation du potentiel d'atténuation de GES de ce programme de la Tunisie qui comprend les trois activités sub-mentionnés, sur les 25 ans (5 ans de mise en œuvre et 20 ans de capitalisation) a donné les résultats suivants :

- Sans programme, les quantités de Carbone dégagées seraient de l'ordre de 5.3 Mt CO₂-eq
- Avec la mise en œuvre de ce programme, les quantités de Carbone séquestrées seraient de l'ordre de (-) 41.7 Mt CO₂-eq;
- soit un bilan net de Carbone séquestré de l'ordre de (-) 47 Mt CO₂-eq.

Dans le tableau 24 qui suit, nous présentons les résultats en fonction de chaque activité.

Tableau 24: Evaluation du potentiel de séquestration du carbone du programme de la Tunisie par activité et activité

Activité	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (après 5 ans)	Quantité de CO ₂ sans activité	Quantité de CO ₂ avec activité	Bilan net de CO ₂
Activité 1	Boisement d'olivier en extensif	10 000	50 000	0	-11 083 050	-11 083 050
	Régénération des steppes d'alfa dans les gouvernorats de Kasserine, Sidi Bouzid, Gafsa et Kairouan	10 000	50 000	0	-2 270 107	-2 270 107
	Restauration et régénération des parcours	30 000	150 000	5 225 000	-1 045 000	-6 270 000
Activité 2	Mise en défens des parcours surpâturés	50 000	250 000	0	-21 833 900	-21 833 900
Activité 3	Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le Sud tunisien	8 000	40 000	0	-5 609 340	-5 609 340
		Sans activité (Augmentation de 1% /an)	Avec activité (Augmentation de 2.5% /an)			
Activité 2	Augmentation du cheptel ovin	7 000	17 500	42 099	105 248	63 149
Total				5 267 099	-41 736 149	-47 003 248

NB : Tous les GES sont en tCO₂eq ; Positif = émission et négatif = absorption

Cet exercice a permis de mettre en exergue les résultats suivants :

- L'activité 2 : Mise en défens des parcours surpâturées est celle qui présente les quantités de carbone séquestrés les plus importantes (21,8 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.

- Concernant l'activité 1 : le boisement d'olivier en extensif, c'est une pratique qui permet la séquestration de quantités intéressantes de carbone (11 Mt CO₂-eq) sur 25 ans. En revanche, la régénération des steppes alfatières n'est pas une pratique performante en termes de SC.
- L'activité 3 : comparativement aux faibles superficies mises en jeu (8 000 ha), elle présente un potentiel intéressant en termes de SC (5,6 Mt CO₂-eq) sur 25 ans.

En se référant aux INDCs de la Tunisie, les réductions des émissions de GES par rapport au scénario de référence seraient de l'ordre de 26 Mt CO₂-eq en 2030 et de 207 Mt CO₂-eq sur toute la période 2015-2030, soit une réduction moyenne annuelle de 12,9 Mt CO₂-eq.

Ce programme tunisien de SC par les CATF permettrait la séquestration de 47 Mt CO₂-eq sur 25 ans, soit une moyenne annuelle de 1,88 Mt CO₂-eq. Donc ce programme est en mesure de contribuer à hauteur de 14,6 % aux engagements pris par la Tunisie au titre de ses INDCs. Un tel résultat est à la fois intéressant et prometteur.

11. Éléments pour une approche régionale

Cet exercice exploratoire a permis d'avoir une première estimation du potentiel de séquestration du carbone par le secteur des CATF et ce pour chacun des cinq pays. Ce potentiel serait de l'ordre de 10 à 15 % du potentiel total d'atténuation des émissions de GES dans la région. Comparativement à celui de l'énergie, ce potentiel est encore faiblement perçu et très peu valorisé.

Cette question de la valorisation du potentiel de séquestration du carbone par les écosystèmes forestier se pose avec la même acuité pour tous les pays de la région MENA. Plusieurs arguments militeraient pour une approche régionale de cette question. Nous nous proposons à ce niveau de présenter quelques éléments pour une approche régionale.

11.1. Des similarités écologiques

Au niveau mondial, près de 50 % des terres émergées sont des régions sèches. Au niveau de la région MENA, cette proportion dépasse les 80 %. Ces chiffres permettent raisonnablement d'affirmer que les régions sèches, qui sont notamment dominées par les parcours, constituent le biome naturel, dominant & spécifique de la région MENA

La figure 42 montre la distribution des régions sèches dans la région MENA. Ainsi :

- Dans les trois pays du Maghreb, les 4 types de régions hyperarides, arides, semi-arides et humides sèches, existent avec des proportions non négligeables.
- La Jordanie représente une configuration similaire avec les régions hyperarides et arides qui dominant alors que les régions humides sèches sont limitées en termes de superficie.
- La configuration de l'Égypte est différente avec régions hyperarides et arides qui dominant alors que les régions humides sèches n'existent pas.

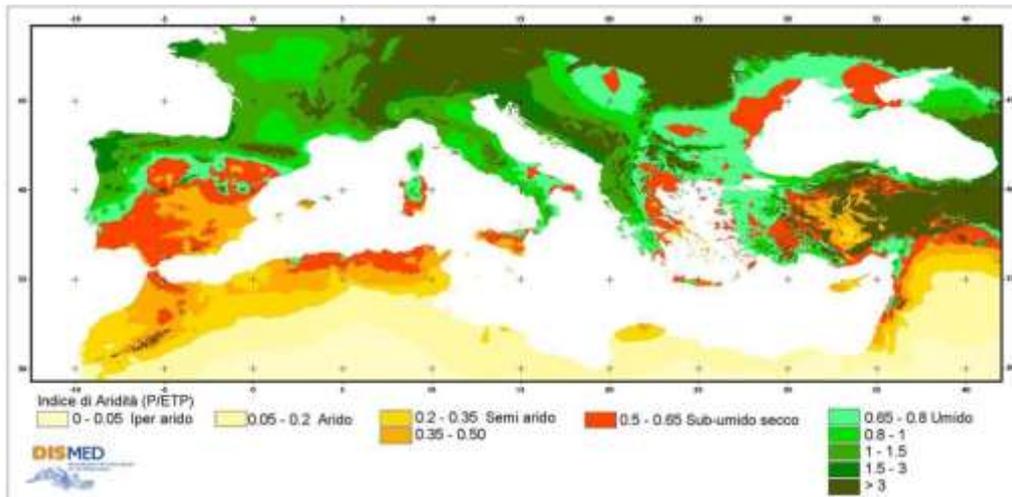


Figure 42. Distribution des régions sèches dans la région MENA

11.2. Un potentiel à valoriser

Les steppes constituent à la fois le biome naturel, dominant et spécifique de la région MENA. A cela s'ajoute l'élevage qui est une pratique particulièrement ancestrale très courante. Pour les parcours :

- le potentiel de séquestration du carbone à l'ha¹³ est relativement faible;
- en revanche le potentiel en termes de superficie est très important dans la mesure où les parcours occupent plus de 80 % de la superficie de la région MENA;
- Ainsi la combinaison de ce faible potentiel de séquestration du carbone à l'hectare associé à des superficies très importantes, serait de nature à générer un potentiel intéressant de séquestration du carbone de ces biomes pour la région MENA.

Ce constat préliminaire a été également émis par la FAO (2006) qui considère que les zones arides présentent un potentiel intéressant pour la séquestration du carbone. Ceci est d'autant plus vrai pour la région MENA dans la mesure où de larges superficies de parcours sont actuellement très peu utilisées, et par suite loin encore de la saturation en terme de séquestration du carbone. En fait, dans la mesure où la plupart des parcours dans la région MENA sont mal gérées et/ou dégradées, ceci ne peut que militer pour la valorisation de ce service écosystémique.

Des calculs prospectifs, utilisant l'outil Ex-CAT, montrent qu'il y a réellement un potentiel de séquestration du carbone à travers une meilleure gestion des écosystèmes forestiers de la région MENA. Ce potentiel pourrait se situer aux environs de 15 % des engagements des pays au titre de leurs INDCs alors qu'actuellement il ne représente que quelques pourcents.

11.3. Une approche régionale intégrant les spécificités nationales

Les parties A et B de l'étude montrent qu'il y a des activités spécifiques à la région MENA qui sont courantes d'exercice et souvent associé à un élevage extensif qui est une activité ancestrale. Ces activités ont une grande importance socio-économique pour les populations locales et ce en plus des services écologiques qu'ils peuvent offrir à travers la séquestration du carbone. Il s'agit de :

- la Restauration et/ou l'aménagement des parcours,
- la mise en défens des parcours

¹³ Séquestration du carbone selon (Batjes, 1999) : 1- Environnements arides: environ 4 tonnes / ha, 2- Tropiques: 7-10 tonnes / ha, 3- Régions subtropicale: 7-13 tonnes / ha, 4- Régions tempérées : 11-13 tonnes / ha , 5- Zones boréales, polaires et alpins : 21-24 tonnes / ha

- des activités liées à la lutte contre la désertification.

Cette vocation de la région MENA a disposer de capacités de séquestration du carbone à travers ses écosystèmes forestiers nécessite d'être appréhendé dans le cadre d'une approche régionale. L'objectif escompté par une telle démarche régionale serait de valoriser la gestion durable des écosystèmes forestiers en zones semi-aride à aride de la région MENA à travers son intégration dans les stratégies d'atténuation des émissions de GES au niveau national. Ceci se traduirait par :

- le développement des compétences et la consolidation des connaissances relatives aux mécanismes de fonctionnement des écosystèmes arides et aux moyens de subsistance,
- la mise en place d'outils efficaces et opérationnels, permettant d'évaluer le potentiel de séquestration de carbone, de mettre en œuvre les bonnes pratiques et d'échanger les expériences au sein de la région MENA.

Au delà de ces pratiques à vocation régionale, il y a également des pratiques qui sont spécifiques à chaque pays et qui sont de nature à enrichir cette approche régionale, à savoir :

- La Badiyah en Jordanie : on peut utiliser les spécificités socio-économique de cette région pour proposer des projets basés sur une exploitation extensif et rationnelle de l'espace qui viendrait en complément à l'approche de gestion intensive prônée par la stratégie de réduction de la pauvreté de la Jordanie ;
- L'arganier est un arbre emblématique du Maroc : La reforestation-reboisement des forêts d'Arganiers serait une activité qui rentre dans le cadre de l'effort national visant à promouvoir cet arbre;
- L'olivier est un arbre ancestral en Tunisie : le Boisement d'olivier en extensif serait une activité qui renforcerait considérablement les capacités du pays à séquestrer du carbone.

11.4. L'absorption du carbone est un co-bénéfice

L'atténuation des émissions de GES dans le secteur des CATF intervient dans trois types de projet :

- des projets typiques de développement agricole et de sécurité alimentaire: L'atténuation des émissions de GES et/ou l'absorption du carbone sont une externalité au projet,
- des projets du type « agriculture climatiquement intelligente » (Climate Smart Agriculture) et de gestion durable du sol : L'atténuation des émissions de GES et/ou l'absorption du carbone devraient être considérés comme étant des co-bénéfices au projet,
- des projets carbone du type REDD+ : Dans ce cas, l'atténuation des émissions de GES et/ou l'absorption du carbone constituent le principal objectif du projet.

Les projets de restauration et/ou l'aménagement des parcours, de mise en défens des parcours et les activités liées à la lutte contre la désertification, rentrent dans le cadre du second type de projet. De tels projets devraient avoir des objectifs claires en termes d'amélioration des revenus des bénéficiaires, la séquestration du carbone et les revenus supplémentaires susceptibles d'être générés, doivent être considérés comme des co-bénéfices.

11.5. Valoriser la synergie entre les fonctions fondamentales et la séquestration du carbone

La séquestration du carbone améliore systématiquement la qualité et la fertilité des sols. De même, qu'elle renforce les capacités des parcours, surtout les plus dégradés d'entre eux, à faire face au processus de la désertification à travers le renforcement:

- du rôle de la matière organique accrue dans la stabilité structurale (résistance à l'érosion du vent et de l'eau) et la rétention de l'eau ;
- du rôle essentiel de la couverture de surface du sol par les plantes, les débris de plantes ou les paillis pour prévenir l'érosion et augmenter la conservation de l'eau.

De même, dans l'état actuel des connaissances, on estime qu'une augmentation de la séquestration du carbone favorise une augmentation de la biodiversité opérationnelle et un fonctionnement biologique du sol plus efficace. Cette synergie entre les fonctions fondamentales de ces écosystèmes et la séquestration du carbone doit être davantage quantifiée et valorisée.

11.6. Mise en place d'un système MRV (Mesure, Reporting, Vérification)

L'une des raisons qui n'ont pas permis au potentiel de séquestration du carbone des CATF d'être plus visible est le manque de données. En effet, l'ensemble des pays de la région MENA élabore, en cas de besoin (exemple : la communication nationale), des inventaires nationaux des émissions de GES qui sont:

- relativement performant pour le secteur de l'énergie: D'ailleurs certains pays, comme la Tunisie ou le Maroc, font des inventaires réguliers qui sont utilisés dans la gestion du secteur;
- relativement basique pour le secteur des CATF: Ces inventaires manquent de données précises et leur utilisation pratiques est limitée. Dans le meilleur des cas, les inventaires forestiers sont actualisé au bout de 10 ans et plus (Tunisie).

La mise en œuvre d'un système MRV (Mesure, Reporting, Vérification) pour le secteur des CATF nécessite la mise en place d'un programme régional de renforcement des capacités.

L'objectif escompté de ce système MRV serait:

- Le suivi régulier des stocks de carbone des écosystèmes forestier;
- l'élaboration d'un inventaire régulier du secteur des CATF;
- L'estimation, la plus précise possible, des quantités de carbones susceptibles d'être séquestrées dans le cadre d'une activité/projet.

Il y a lieu de s'inspirer des approches similaires, comme celle relative aux inventaires forestiers élaborée dans le cadre du Guide Méthodologique pour l'estimation du potentiel de séquestration du carbone au Mali (initiative de l'OSS). Cette approche s'articule autour

- Des inventaires in situ pour mesurer les volumes de la biomasse et des stocks de carbone;
- Une extrapolation des résultats obtenus en utilisant l'observation satellitaire, notamment l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

12. Conclusion

Les parcours constituent le biome naturel et dominant de la région MENA. Bien que leur teneur en carbone soit limitée, en tenant compte des grandes superficies qu'ils occupent, ils sont susceptibles de contribuer de manière non négligeable à la SC tout en remplissant leur rôle de lutte contre la désertification. Cette supposition est également confirmée par le GIEC (2000), qui tenant compte de la taille des terres de pâturage, estime que l'amélioration de la gestion des terres de parcours pourrait séquestrer plus de carbone que toutes les autres pratiques.

Une première évaluation exploratoire du potentiel de séquestration du carbone, par des pratiques de gestion durable des écosystèmes forestiers, en utilisant le logiciel EX-ACT développé par la FAO, a permis de mettre en exergue quelques ordres de grandeurs pour ce potentiel.

- Algérie: Le potentiel de séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers, serait de l'ordre de 16 Mt CO₂-eq /an. Le reboisement et l'extension du couvert forestier sur 1 245 000 ha (inclus dans les INDCs de l'Algérie) contribuerait à lui seul, à raison de 11 Mt CO₂-eq/an.
- Egypte: la restauration et la régénération de 700 000 ha de parcours sur 5 ans, permettrait de séquestrer une quantité de Carbone de l'ordre 1 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel n'est pas très significatif, des investigations supplémentaires sont nécessaires.
- Jordanie : un programme d'atténuation des émissions de GES relatif à la mise en défens et la régénération des parcours de la Badhia, présenterait un potentiel de séquestration moyen annuel de 1,6 Mt CO₂-eq. Ce programme serait en mesure de contribuer à hauteur de 37% aux engagements pris par la Jordanie au titre de ses INDCs.
- Maroc: Le potentiel de séquestration du carbone qui inclue notamment la conversion des terres marginales en forêts d'Arganiers, permettrait de séquestrer une quantité nette de Carbone de l'ordre de 4,9 Mt CO₂-eq. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 13,4 % aux engagements pris par le Maroc au titre de ses INDCs.
- Tunisie: Le potentiel de séquestration du carbone qui inclue notamment le boisement de l'Olivier en extensif, permettrait la séquestration de 1,88 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 14,6 % aux engagements de la Tunisie au titre de ses INDCs.

Ces calculs prospectifs montrent qu'il y a réellement un potentiel de séquestration du carbone à travers une meilleure gestion des écosystèmes forestiers de la région MENA. Ce potentiel pourrait se situer aux environs de 15 % des engagements des pays au titre de leurs INDCs alors qu'actuellement il ne représente que quelques pourcents.

Cette question de la séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers de la région MENA présente indéniablement un caractère régional. Une démarche régionale permettrait de valoriser ce potentiel à travers son intégration dans la stratégie d'atténuation des émissions de GES au niveau national. Au niveau de la mise en œuvre, ils existent plusieurs défis d'ordre technique mais également d'ordre organisationnel et social. Un projet pilote de démonstration dans la région MENA permettrait certainement:

- une évaluation plus précise de ce potentiel sur la base d'une meilleure définition des activités proposées notamment en ce qui concerne les données de terrain;
- asseoir les bases techniques pour mettre en place un système MRV dans le cadre d'une approche nationale visant à intégrer le secteur des CATF dans la stratégie nationale d'atténuation des émissions de GES;
- Assurer un montage financier viable ou les bénéficiaires sur le terrain (paysans démunis, éleveurs et autres,) seront rémunérés en fonction de leurs efforts;
- baliser la route et identifier les aspects d'ordre institutionnel, organisationnels et social susceptibles d'entraver la mise en œuvre sur le terrain.

Composante D: Proposition d'approches de renforcement des capacités d'adaptation des écosystèmes et des populations au changement climatique

Cette composante constitue une synthèse et une capitalisation des acquis des trois premières composantes. Elle tente de développer des propositions d'approches de gestion favorisant la résilience des écosystèmes et la capacité d'adaptation des populations face aux risques encourus par le CC tout en valorisant le potentiel de séquestration du carbone.

Elle est déclinée en deux principales parties:

- la première partie est consacrée à la synthèse des principaux acquis des trois composantes analysées plus haut ;
- et la deuxième partie est constituée de propositions de mesures à prendre et des orientations favorisant l'adaptation des écosystèmes arides et des populations face au CC.

1. Principaux acquis

1.1. Dans le domaine des écosystèmes

En dépit de la diversité de leurs écosystèmes (forestiers, pastoraux, oasiens, désertiques, côtiers, montagneux, insulaires, et voire même des zones humides), les paysages les plus dominants au niveau des pays d'Afrique du Nord et du Moyen Orient (MENA) sont essentiellement steppiques et désertiques avec une grande richesse en termes de biodiversité floristique. La végétation actuelle de ces formations qui est issue de la dégradation de formations forestières primitives, est le résultat des interactions de trois facteurs essentiels : le climat, le sol et l'action anthropique.

Les écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques de la région MENA fournissent une large gamme de biens et services à la société. Alors que certains d'entre eux sont **tangibles**, comme par exemple les unités fourragères, qui constituent l'alimentation de base du cheptel, les espèces ligneuses qui fournissent le bois de chauffage et de cuisson, le gibier, les plantes aromatiques et médicinales ..., d'autres sont **intangibles** comme la lutte contre la désertification, la régulation des cycles de l'eau et des nutriments, la protection des bassins versants et des sols, la séquestration du carbone et l'atténuation du changement climatique, la protection et la préservation de la biodiversité. De plus, ces écosystèmes font partie de l'héritage culturel et historique des populations locales et constituent des espaces de loisirs et de détente extérieurs.

Au vu de l'aridité du climat dans une large partie de ses territoires, la région MENA est l'une des régions les plus exposées au CC. Le 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC (2014) fait état, pour la région MENA, d'un climat plus chaud et plus aride néanmoins, le plus préoccupant c'est que le climat serait plus variable avec une fréquence plus accrue des extrêmes climatiques.

La végétation de ces écosystèmes qui est de plus en plus fragilisée sous l'effet de divers facteurs anthropozoïques (surpâturage, arrachage, défrichement,...) serait plus vulnérable sous des conditions climatiques plus difficiles. Dans de telles situations, de nombreuses espèces qui ne parviennent pas à s'adapter pourraient être perdues. Il s'agit des espèces les plus prisées par l'Homme et ses animaux et dont l'adaptation spatiale est en dessous de ce qu'il faudrait pour suivre l'évolution du climat. Chez ces espèces la rapidité de la vitesse du CC pourrait provoquer **un effet retard**. L'adaptation d'une espèce au CC est, en effet, liée à sa capacité à migrer, à sa capacité d'adaptation à son

emplacement actuel, et à sa plasticité/ vulnérabilité aux sous-facteurs associés. La capacité de se déplacer impliquerait, en effet, l'efficacité des mécanismes de dissémination des semences et les stratégies germinatives de celles-ci, la longueur de la phase juvénile (âge à la reproduction) ainsi que la spécificité et la disponibilité de l'habitat. Les deux derniers paramètres sont influencés par la fragmentation et l'isolement. La capacité d'adaptation en place serait une fonction de la diversité génétique, de la taille de la population, de la fécondité et des flux de gènes entre les populations.

Au niveau des écosystèmes arides et des peuplements végétaux, la capacité de résilience est assurée à la fois par les particularités des régulations morphologiques et physiologiques et des affinités écologiques des plantes qui les constituent et par la diversité des conditions méso et micro-écologiques (topographie, nature du sol ...) occupés par ces écosystèmes.

La connaissance de la proportion des types biogéographiques à affinité écologique « humides » comme ceux des espèces méditerranéennes ou européennes et des types à affinité écologique « chaude » comme les espèces saharo-sindiennes et paléotropicales est d'une grande importance pour comprendre l'évolution de la végétation et pour prédire ses potentialités productives et adaptatives face au CC. L'évolution des proportions de plantes arido-actives et arido-passives dans les peuplements végétaux des zones sèches ainsi que des proportions des plantes annuelles et pérennes pourrait renseigner sur la vulnérabilité et/ou la capacité de résilience des écosystèmes face à l'aridité et par conséquent au changement climatique. La régression des arido-actives ainsi que la thérophytisation pourraient traduire une tendance à l'aridification.

Dans des situations particulières, certaines espèces dites envahissantes, favorisées par le nouveau climat plus chaud et plus sec, vont, au contraire, connaître une extension de leurs aires de répartition et conquérir ainsi certains milieux. Il s'agit d'espèces faiblement appréciées, moins prisées par l'homme et de larges niches écologiques qui seront avantagées en raison de la réduction de la concurrence pour l'eau et les nutriments. Parmi ces espèces, certaines présentent plusieurs intérêts (aromatiques, médicinales, cosmétiques...) qu'il conviendrait de faire valoir.

Une augmentation de l'aridité ne se traduit pas donc nécessairement par une diminution de la productivité par unité d'eau disponible si cette augmentation est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace. De même une telle augmentation ne se traduirait pas forcément par une détérioration des services écosystémiques si on y intègre les intérêts et les usages multiples de la phytomasse (qu'elle soit palatable ou non) produite par ces écosystèmes. Face au CC, l'Adaptation fondée sur les Ecosystèmes (AfE) est en effet de plus en plus reconnue comme un moyen efficace et rentable pour faire face aux impacts négatifs de ce phénomène.

Parmi les méthodes et les outils permettant la modélisation de la distribution géographique future des végétaux et de prédire ainsi la vulnérabilité des écosystèmes forestiers des zones arides au CC, celle qui se base sur le concept de niche écologique et qui met en relation la présence de l'espèce (conditionnée par la satisfaction de ses exigences écologiques) avec les paramètres environnementaux comme celle d'entropie maximale (MaxEnt) présente plusieurs avantages et s'avère assez performante. Quelque soit l'efficacité de l'approche adoptée, il reste difficile d'anticiper avec certitudes sur la composition et le fonctionnement des futurs écosystèmes forestiers des zones arides et désertiques, mais il est certain qu'à long terme ces écosystèmes connaîtront une recomposition, avec des espèces plus généralistes, ce qui va accentuer le processus de simplification et induire un appauvrissement de la diversité biologique.

Pour faire face aux effets néfastes du CC dont les impacts négatifs sur les écosystèmes forestiers des zones arides sont accentués par la pression anthropozoïque accrue qu'ils subissent, plusieurs techniques de restauration/réhabilitation et de gestion, favorisant la résilience de ces écosystèmes peuvent être préconisées. Ces techniques constituent des alternatives prometteuses non seulement pour l'amélioration des moyens de subsistance de la population basés sur l'élevage mais aussi pour la restauration de puits de carbone du sol et pour faire valoir la plurifonctionnalité de ces écosystèmes.

La mise en avant de la réaffectation de certains écosystèmes est une autre alternative prometteuse pour faire face aux effets néfastes du CC, vu les intérêts économiques et environnementaux qu'elle présente. Une telle démarche permettrait, en effet, l'extension de plantes plus résistantes avec un grand potentiel de séquestration de carbone et pouvant être valorisées à plusieurs fins, autres que pastorales (aromatique, médicinales,...). Les milieux très aridifiés peuvent en outre être convertis en grands parcs pour des espèces de la faune sauvage (antilopes, autruches, outarde ...) qui sont mieux adaptées à de telles conditions que les animaux domestiques.

En plus de la propre capacité de résilience des écosystèmes forestiers en zones arides et désertiques et des mesures techniques et de gestion permettant d'améliorer cette capacité et qu'il conviendrait de mettre en œuvre, plusieurs autres mesures peuvent être préconisées pour améliorer la résilience de ces écosystèmes. Ces mesures sont détaillées dans la deuxième partie de cette composante.

1.2. Dans le domaine de l'approche d'analyse des moyens d'existence des populations

Les tentatives d'application de l'approche SLA pour l'analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence (Livelihoods) des populations en zones arides et désertiques dans les pays MENA, ont montré que cette approche permet d'appréhender la vulnérabilité des moyens d'existence au CC si elle est appliquée selon une approche globale centrée sur les ménages ruraux et leurs réalités socio-économiques. L'application de cette approche a montré une tendance générale à l'extension de certains capitaux notamment, financier, social, physique et humain contre un rétrécissement du capital naturel qui devrait diminuer sous l'effet du CC en raison de l'augmentation des exigences en matière d'exploitation des ressources naturelles (eau, sol et végétation, etc.).

La classification des différents moyens d'existence (Livelihoods) en fonction des sources de revenus montre l'importance du capital financier dans les différents moyens d'existence (Livelihoods). D'après les études de cas, ces sources de revenus s'avèrent multiples et diversifiées garantissant aux ménages ruraux vulnérables un minimum selon les circonstances et les conditions climatiques ou socio économiques. Ceci confirme les habitudes historiques de sociétés des régions arides qui priorisent la sécurité alimentaire et économique pour pallier aux changements et risques de toutes sortes. La plupart des estimations indiquent que le CC est susceptible de réduire la productivité agricole, la stabilité de la production et des revenus dans les zones qui connaissent déjà des niveaux élevés d'insécurité alimentaire. Les conséquences les plus graves du CC concerneront en effet la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations tributaires de l'agriculture.

L'estimation de l'indice synthétique de vulnérabilité du Livelihood du GIEC (LVI-IPCC) régional et par pays révèle une diversité de situations et un différentiel de vulnérabilité entre les pays. L'estimation de l'indice de vulnérabilité par composante montre que l'exposition de la région MENA est relativement élevée avec un score de 0,63 dont le maximum d'exposition concerne le Maroc avec 0,71 et le minimum d'exposition est en Jordanie avec 0,57.

En ce qui concerne la sensibilité, l'indice régional dans la région MENA est relativement moyen et atteint la valeur de 0,51 avec un maximum de sensibilité en Egypte (0,63) et un minimum de sensibilité en Tunisie (0,41).

Quant à la capacité d'adaptation, le score régional atteint 0,57 traduisant un niveau assez bien d'adaptation. Les deux extrêmes sont enregistrés en Egypte (0,43) et en Tunisie (0,65). En effet, si l'indice régional de vulnérabilité est positif (0,028), traduisant ainsi une certaine vulnérabilité positive, les écosystèmes arides en Jordanie semble être le moins vulnérables avec un indice négatif (-0,038) traduisant une supériorité de la capacité d'adaptation par rapport à l'exposition. Par contre ces écosystèmes semblent être les plus vulnérables en Egypte et au Maroc avec respectivement des indices de 0,097 et 0,075.

En guise de synthèse, l'application de l'approche SLA présente certains avantages dont notamment son utilisation pour l'aide à la décision, l'orientation de politiques et son expérimentation dans divers contextes par des organisations internationales et des institutions nationales. Elle permet également la mobilisation et l'engagement des acteurs locaux. Elle se caractérise par son opérationnalité dans le domaine de l'évaluation et de la planification stratégique et son adaptabilité à différentes échelles spatio-temporelles.

Néanmoins, l'approche SLA soulève un certains nombre de difficultés et nécessite certaines conditions dans notamment la mobilisation réelle des acteurs concernés, la disponibilité d'une large base de données et informations, la génération de données secondaires à différents niveaux, la disponibilité de capacités et de compétences de haut niveau dans sa conceptualisation et sa mise en œuvre. D'autre part c'est une approche dynamique nécessitant du temps pour faire dérouler un véritable processus multi acteurs.

1.3. Dans le domaine de la séquestration de carbone

Dans des environnements arides, la SC dans les 100 premiers centimètres de sol est équivalent à environ 4 tonnes / ha (Batjes, 1999). Les écosystèmes steppiques et arides qui constituent le biome naturel et dominant de la région MENA sont susceptibles de contribuer de manière non négligeable à la SC. Ceci est d'autant plus vrai que ces potentialités sont actuellement très peu utilisées et encore loin de la saturation en terme de SC. En effet le GIEC (2000) estime que l'amélioration de la gestion des terres de parcours pourrait séquestrer plus de carbone que toutes les autres pratiques.

Les inventaires de GES des pays de la région MENA sont dominés par les émissions dues au secteur de l'énergie en revanche, la SC se limite aux forêts en région humide et ne représente que quelques pourcents des émissions totales. Ces caractéristiques sont de nature à orienter la recherche des options d'atténuation des émissions de GES vers les secteurs traditionnels de l'énergie, des déchets, et du transport qui présentent l'avantage mérite de disposer d'options technologiques connues et déjà expérimentées avec un certain recul.

L'absorption des émissions de GES dans la région MENA se limite au secteur des changements d'affectation des terres et de la foresterie (CATF), plus particulièrement aux forêts dans les zones humides. Une exception concerne la Tunisie où les plantations d'oliviers semblent jouer un rôle important dans l'absorption du carbone. En fait, les modes de gestion des écosystèmes forestiers des zones arides sont complètement occultés et n'ont pas encore été envisagés sous l'angle de l'atténuation des émissions de GES.

Une première évaluation exploratoire du potentiel de séquestration du carbone par des pratiques de gestion durable des écosystèmes forestiers des pays MENA, en utilisant le logiciel EX-ACT développé par la FAO, a permis de mettre en exergue les résultats suivants:

- Algérie: Le potentiel de séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers, serait de l'ordre de 16 millions de tonne de CO₂ équivalent (Mt CO₂-eq)/an. Le reboisement et l'extension du couvert forestier sur 1 245 000 ha (inclus dans les INDCs de l'Algérie) contribuerait à lui seul, à raison de 11 Mt CO₂-eq /an.
- Egypte: la restauration et la régénération de 700 000 ha de parcours sur 5 ans, permettrait de séquestrer une quantité de Carbone de l'ordre 1 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel n'est pas très significatif, des investigations supplémentaires sont nécessaires.
- Jordanie : un programme d'atténuation des émissions de GES relatif à la mise en défens et la régénération des parcours de la Badhia, présenterait un potentiel de séquestration moyen annuel de 1,6 Mt CO₂-eq. Ce programme serait en mesure de contribuer à hauteur de 37% aux engagements pris par la Jordanie au titre de ses INDCs.
- Maroc: Le potentiel de séquestration du carbone, qui inclue notamment la conversion des terres marginales en forêts d'Arganiers, permettrait de séquestrer une quantité nette de Carbone de l'ordre de 4,9 Mt CO₂-eq. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 13,4 % aux engagements pris par le Maroc au titre de ses INDCs.
- Tunisie: Le potentiel de séquestration du carbone qui inclue notamment le boisement de l'Olivier en extensif, permettrait la séquestration de 1,88 Mt CO₂-eq /an. Ce potentiel serait en mesure de contribuer à hauteur de 14,6 % aux engagements de la Tunisie au titre de ses INDCs.

Ces calculs prospectifs montrent qu'il y a réellement un potentiel de séquestration du carbone à travers une meilleure gestion des écosystèmes forestiers de la région MENA. Ce potentiel pourrait se situer aux environs de 15 % des engagements des pays au titre de leurs INDCs alors qu'actuellement il ne représente que quelques pourcents.

La séquestration du carbone (SC) par unité de surface au niveau des écosystèmes arides de la région MENA est certes faible, mais leur grande étendue peut engendrer un potentiel intéressant de SC. Ceci est d'autant plus vrai que ces potentialités sont actuellement très peu utilisées et encore loin de la saturation étant donné que la plupart des parcours de la région MENA sont mal gérés et/ou dégradés et dont la plupart présente une capacité de résilience assez importante. Outre le pouvoir de résilience qui caractérise la végétation des écosystèmes arides, aussi bien au niveau des espèces que des peuplements, celle-ci est par ailleurs dotée d'une valeur adaptative insensible à l'augmentation du CO₂ atmosphérique. De plus la durée de vie du carbone dans les sols des zones arides est parfois plus longue que celle dans les sols forestiers. Cette végétation constitue, à cet effet, une ressource génétique à exploiter dans l'avenir pour faire face au changement climatique.

2. Propositions et orientations favorisant l'adaptation des écosystèmes arides de la région MENA et des populations face au CC

Les orientations ci-dessous proposées prennent en compte l'accord de Paris adopté à la Cop 21 (2015) qui insiste sur l'importance de la coopération la plus large possible de tous les pays en vue d'accélérer la réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre. En effet, cet accord demande aux Parties de renforcer la coopération régionale en matière d'adaptation, d'intensifier les efforts de renforcement des capacités et de prendre des mesures pour conserver et, le cas échéant, renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre notamment les forêts.

2.1. Mesures à prendre pour la réduction de la vulnérabilité des écosystèmes

2.1.1. Au niveau national

- Mise en œuvre de pratiques adéquates de restauration/réhabilitation des milieux dégradés associées aux pratiques de gestion rationnelles et au choix des espèces (usages multiples) les plus résistantes avec une localisation optimale dans l'espace (prenant en considération les potentialités édaphiques des milieux d'intervention) et dans le temps (en vue de saisir les événements météorologiques favorables) ;
- Réalisation de travaux de CES, de collecte et de stockage des eaux de pluie, amélioration de l'efficacité de l'irrigation, et mobilisation de nouvelles ressources en eau; y compris les technologies de dessalement innovantes et la valorisation des eaux non conventionnelles. L'utilisation de ces eaux pour la production de fourrages est, en effet, une alternative prometteuse pour l'allègement de l'intensité de pâturage sur le couvert végétal naturel ;
- Pour certains types de sols (décharges et sols extrêmement pollués), il est préconisé d'utiliser des espèces adaptées à une concentration élevée des métaux toxiques : phytoremédiation (phragmite,) ;
- Réaffectation des milieux très aridifiés en les transformant en grands parcs pour des espèces de la faune sauvage (antilopes, autruches, outarde ...) qui sont mieux adaptées à de telles conditions que les animaux domestiques ;
- Tirer profit du phénomène « d'auto-adaptation » de l'écosystème se traduisant, au niveau de certains milieux, par l'extension d'espèces dites envahissantes et qui présentent des intérêts particuliers pour la SC (étant donné leur grande résistance aux différents types de stress et perturbations) et pour la production de substances de haute valeur ajoutée (thérapeutiques, cosmétiques, environnementaux, ...) pouvant constituer une assise pour le développement durable des zones difficiles ;
- Promouvoir une gestion souple et flexible des ressources naturelles permettant l'accès aux ressources et une meilleure complémentarité entre les régions. Parmi les mesures à promouvoir on peut citer :
 - l'encouragement au déstockage de la production ;
 - l'aide à la mobilité des troupeaux ;
 - l'amélioration des circuits de commercialisation pour permettre un déstockage rapide et précoce sans provoquer un effondrement des cours de la viande.

- Promouvoir l'approche participative pour gérer les ressources pastorales. Plus que les solutions techniques apportées aux problèmes de dégradation des parcours, c'est la participation des usagers à toutes les phases de la préparation et de la mise en place des programmes d'action qui est déterminante dans leur succès. Pour une plus grande implication des populations, les temps de préparation/réalisation des projets doivent être allongés et le renforcement des organisations pastorales réalisé préalablement à l'introduction de nouvelles technologies. La méthode CVCA proposée par de PERTHUIS (2010) qui procure un cadre d'analyse de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation au CC au niveau communautaire et qui donne la priorité aux connaissances locales des risques climatiques et aux stratégies d'adaptation lors de la collecte des données et du processus d'analyse peut être préconisée. Les exercices participatifs et les débats qui en résultent offrent la possibilité de relier les connaissances communautaires aux informations scientifiques disponibles en matière de changement climatique. Les acteurs locaux seront alors en mesure de comprendre l'impact du changement climatique sur leurs moyens de subsistance, ce qui leur permet de mieux analyser les risques et de planifier les adaptations nécessaires.
- Promouvoir l'approche multifonctionnelle, globale et intégrée. Les mesures techniques de restauration /réhabilitation des écosystèmes des zones arides et désertiques ci-dessus préconisées doivent être conçues dans le cadre d'une approche multifonctionnelle, globale et intégrée. Ces mesures doivent, en effet, être consolidées par les démarches suivantes :
 - o le développement et l'amélioration de la conduite de l'élevage et de la valorisation de ses produits et sous-produits à travers des actions d'amélioration génétique du troupeau, amélioration de la santé animale (vaccination et traitements antiparasitaires), et le développement de chaînes de valeurs à travers l'introduction du concept de label pour certains produits (lait de chamelle), l'engraissement des chameaux et des agneaux, la réhabilitation de l'élevage du dromadaire ... ;
 - o la diversification du revenus des usagers à travers l'appui à la multifonctionnalité des parcours comportant des activités d'artisanat, de valorisation des plantes médicinales et de tourisme pastoral et écologiques, de chasse etc .
- Réalisation d'études ou actions combinées sur l'adaptation et l'atténuation au niveau des écosystèmes arides

2.1.2. Au niveau régional (pour la mise en œuvre d'un projet pilote)

Alors que l'adaptation au CC ne peut être que locale, la réduction des émissions de GES doit être engagée à une échelle régionale et planétaire. Les orientations ci-dessous sont de nature à promouvoir l'approche régionale.

- Etablissement de la situation de référence des écosystèmes forestiers dans les zones arides et désertiques moyennant la cartographie actualisée de ces écosystèmes et l'inventaire des différents types de menaces qui pèsent sur ces écosystèmes et mise en place de sites d'observation axés sur les indicateurs du CC ;
- Choix des sites pilotes (Fondements de base et considérations pratiques) : ces sites doivent être placés dans des formations végétales représentatives des écosystèmes les plus largement répandus au niveau de la région MENA. Les plantes qui feront l'objet de suivi de leur vulnérabilité au CC doivent être parmi les espèces bio-indicatrices de ces écosystèmes. Leur

appartenance à l'une ou l'autre des catégories suivantes de plantes doivent être bien connue : type biologique, type biochimique de photosynthèse, origine phytogéographique, arido-active/arido-passive, etc. Une attention particulière doit être accordée aux espèces rares et endémiques. Tous les autres facteurs susceptibles d'influencer la productivité de ces écosystèmes (topographie, type de sol, pluviométrie, intensité de pâturage,...) doivent être assez comparables ;

- Analyse de la dynamique des écosystèmes et développement d'outils de S&E environnementaux basés sur la cartographie (télédétection et SIG) et mettant l'accent sur les moteurs de cette dynamique pour connaître les évolutions futures à travers l'inventaire, le développement ou l'adaptation de méthodes et d'outils d'analyse de la vulnérabilité au CC permettant d'identifier des seuils d'irréversibilité de dégradation des écosystèmes en vue de mettre en place une stratégie d'alerte précoce en lien avec le CC ;
- Inventaire de toute espèce susceptible d'être valorisées à différentes fins économiques et celles résistantes aux conditions extrêmes de stress engendrés par le CC pouvant contribuer à la séquestration du carbone. Les travaux de suivi de la dynamique des écosystèmes aussi bien par télédétection qu'à travers les travaux de terrain doivent permettre l'identification de telles espèces en vue de leur utilisation/valorisation à plus grande échelle;
- Inventaire des bonnes pratiques (locales, ancestrales, etc.) et des informations existantes d'adaptation et de réduction de la vulnérabilité en vue de leur capitalisation par le partage et la communication;
- Introduction de nouvelles espèces pouvant s'adapter à des températures plus élevées et à des portées différentes de saisons, qui ont besoin de moins d'eau, et qui peuvent résister à des niveaux plus élevés de salinité;
- Mise en œuvre d'un système de coordination et d'échange d'expériences sur les approches et outils de gestion des écosystèmes à travers la mise en place de réseaux d'échanges d'expériences, de savoir faire, de marketing et de commercialisation de produits de terroirs entre les différents acteurs ;

2.2. Mesures à prendre pour la réduction de la vulnérabilité des moyens d'existence des populations

Dans une optique de vision globale et intégrée, il est impératif de consolider les mesures préconisées pour réduire la vulnérabilité des écosystèmes et favoriser le potentiel de séquestration de carbone par des mesures complémentaires inhérentes aux moyens d'existence des populations dans ces régions difficiles. Ces mesures concernent notamment:

- Diversification et augmentation des sources non agricoles de revenu familial: la création des activités génératrices de revenus (AGR) constitue une option de grande importance dans les zones arides de la région MENA pour promouvoir les moyens d'existence des populations. En effet les économies locales multifonctionnelles et diversifiées ont fait preuve d'amples capacités d'adaptation aux crises et aux chocs aussi bien climatiques, politiques que socio économiques comme c'est le cas de la région MENA. La compensation à titre de subvention ou la vente du carbone séquestré résultant des pratiques adéquates peut constituer une source alternative de diversification des revenus des populations locales. L'innovation en termes de

mécanismes d'incitation et de compensation devra être mise en perspective dans le futur dans la région MENA.

- Promotion des activités économiques valorisant les services éco systémiques de moindre émissions de GES: d'importantes sources locales de revenus non agricoles proviennent des activités économiques valorisant les services éco systémiques et les ressources patrimoniales locales tels que le tourisme saharien, le tourisme culturel, le tourisme écologique et solidaire, etc.).
- Incitation des populations locales à réduire les activités à importantes émissions de GES et à haut potentiel de séquestration de carbone tels que l'arboriculture fruitière, la culture biologique, l'élevage extensif pastoral, etc.
- Intensification et développement technologique : des options possibles pour la modernisation des pratiques agricoles et de gestion des ressources naturelles à travers notamment l'intensification pourraient être envisagées à travers : la mécanisation de la production, le recours aux intrants agricoles, l'accès aux crédits. D'autres options d'intensification comprennent les techniques autochtones de récolte des eaux pluviales et de terrassement, l'utilisation de semences améliorées, l'application accrue du fumier et du compost, les espèces et variétés à haute valeur ajoutée, espèces d'agroforesterie et de espèces et races d'élevage à haut rendement comme la race Dmen au Maroc.
- La maîtrise du bilan carbone doit être prise en considération afin d'éviter d'atteindre des seuils excessifs d'émissions de GES.
- Promotion des pratiques d'une gestion durable et responsable des écosystèmes et des ressources naturelles : deux principales orientations d'adaptation peuvent être avancées:
 - Identifier les bonnes pratiques de gestion qui permettront d'atteindre des objectifs de conservation et de gestion;
 - Promouvoir des pratiques de gestion qui confèrent à l'écosystème plus de capacité de résistance.
- Renforcement des infrastructures et des équipements publics : l'amélioration des conditions de vie dans le territoire est primordiale pour renforcer les capacités d'adaptation des populations. Elle englobe un ensemble de mesures telles que la construction des routes, l'électrification et l'adduction en eau potable, l'installation des équipements de services de bases de santé, de communication, d'éducation, de transport, de l'habitat, etc.
- Renforcement de l'adaptation autonome: c'est une forme d'adaptation qui a lieu naturellement comme une réponse de conscience au changement climatique. Elle englobe les réponses naturelles des espèces de plantes par exemple à la sécheresse ou à des variations saisonnières (printemps plus tôt) et les pratiques agricoles autonomes (changements de dates de semis, etc.). Les savoirs faire locaux et les connaissances traditionnelles des populations constituent un véritable réservoir et un patrimoine très riche qui pourrait être, identifié, répertorié, analysé, réhabiliter pour être mis à profit dans les stratégies d'adaptation futures dans les régions arides et désertiques de la région MENA.

- Accroître la capacité globale d'adaptation¹⁴ tel que recommandé par le GIEC à travers notamment les mesures visant la promotion des relations et réseaux sociaux (solidarité, coopération, économie solidaire, etc.), le développement des connaissances et des compétences (savoirs faire locaux, éducation, etc.), la maîtrise de la démographie (accroissement des populations, exode rural, migration, etc.) et la promotion des actifs des ménages (actif financier, physique, équipement des ménages, etc.).
- Réduire la sensibilité des ménages en développant l'accès à l'eau potable, l'accès à l'eau d'irrigation, les programmes d'amélioration de la qualité des eaux, etc.
- Diffusion et apprentissage dans le domaine de prise de conscience et d'actions d'adaptation au CC moyennant :
 - o la responsabilisation des populations et développer les méthodes MRV à la portée même des populations;
 - o la sensibilisation des décideurs à l'importance des zones arides en tant que puits de carbone;
 - o la vulgarisation des meilleures pratiques agricoles favorisant la séquestration du carbone;
 - o l'identification des "success stories" et partage des expériences et des bonnes pratiques entre les différents acteurs et entre les différents pays de la région à travers des réseaux de partage des informations.
- Identification et développement des approches et méthodes d'évaluation des moyens d'existence et du potentiel de séquestration de carbone à travers:
 - o l'élaboration d'études sur la rentabilité économique des différentes pratiques/spéculation dans les zones arides en intégrant le potentiel de séquestration de carbone;
 - o la mise à disposition des décideurs d'études économiques reflétant la rentabilité des pratiques de promotion des moyens d'existence et de séquestration de carbone;
 - o le développement des concepts d'emploi vert en lien avec l'économie verte;
 - o l'inventaire et l'identification des moyens de subsistance des populations et proposition de diversification des moyens de subsistance / transformation des produits locaux (avec une plus-value)
 - o l'élaboration de classement des moyens de subsistance en vue d'identifier les populations vulnérables à soutenir.

2.3. Mesures à prendre pour améliorer le potentiel de séquestration de carbone

Compte tenu de l'importance des superficies occupées par les parcours et vu leurs utilités aussi bien sur le plan économique qu'écosystémique ainsi que leur degré de dégradation, la réflexion a été dirigée vers l'aménagement de ces écosystèmes afin de faire valoir leurs intérêts socioéconomiques et environnementaux.

La séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers de la région MENA, qui devrait s'appuyer sur des mesures locales et nationales, nécessite une démarche régionale qui permettrait de valoriser

¹⁴ Les mesures d'adaptation sont détaillées dans le tableau 9, composante B.

ce potentiel à travers son intégration dans la stratégie d'atténuation des émissions de GES au niveau national. L'intégration de l'adaptation dans tout projet de développement permettra en effet d'atteindre deux objectifs principaux :

- réduire les risques liés au CC sur les activités du projet, les parties prenantes et les résultats ;
- s'assurer que les activités du projet réduisent la vulnérabilité des populations cibles face au CC par des interventions leur permettant de développer leur capacité d'adaptation tout en assurant les objectifs de développement.

Les programmes d'atténuation des émissions de GES au niveau des différents pays de région MENA, conçu dans le cadre de la présente étude, sont présentés ci-dessous :

Cas de l'Algérie

- Reboisement et extension du couvert forestier de 1 245 000 ha à raison de 249 000 ha/an de forêts dans les zones aride et semi-aride
- Réhabilitation des parcours sur une superficie de 3 000 000 ha à raison de 600 000 ha/an.

Cas de l'Egypte

- Restauration et régénération de 700 000 ha durant 5 ans au niveau des parcours de la région côtière du Nord-Ouest, la péninsule du Sinaï et la région Halayeb – Shalayin à raison de 140 000 ha/an.

Cas de la Jordanie

- La production de fourrage par la remise en état des terres de parcours, le contrôle du surpâturage dans les parcours, l'introduction d'espèces à forte productivité dans des conditions de sécheresse ainsi que la promotion et la réutilisation des eaux usées
- La conservation des forêts face aux fréquences des cycles de sécheresse, à l'expansion urbaine et rurale, aux d'incendies attendus et à la coupe d'arbres pour le carburant.
- mise en défens de 350 000 ha (\approx 5% de la superficie totale de la Badiyah où les précipitations < 100 mm/an) à raison de 70 000 ha/an.
- régénération et l'amélioration des parcours sur 100 000 ha (10% de la superficie de la Badiyah où les précipitations sont comprises entre 100 et 200 mm/an) :
- Régénération et amélioration des parcours dans la région de Mafraq dans l'ouest le long de la frontière syrienne, à raison de 8 000 ha par an
- Régénération et amélioration des parcours dans la région de Ras El - Naqab au Sud et Mafraq au Nord, à raison de 12 000 ha par an
- reboisement et l'aménagement de 25 % des forêts déboisées qui se situent dans la zone des précipitations comprises entre 300 mm et 500 mm, soit 80 000 ha à raison de 16 000 ha/an. Cette activité a été déjà identifiée dans la 3ème Communication nationale de la Jordanie

Cas du Maroc

- Reforestation-Reboisement sur 9 000 ha/an d'Arganier
- Renforcement du programme oléicole à travers le reboisement sur 500 000 ha

- Restauration et régénération des parcours en jachère à raison de 100 000 ha/an sur 5 ans.

Cas de la Tunisie :

- Restauration et régénération des parcours à travers :
 - o Le boisement d'oliviers en extensif, à raison de 10 000 ha/an ;
 - o La régénération des steppes d'alfa dans les gouvernorats alfatiers (Kasserine, Sidi Bouzid, Gafsa et Kairouan), à raison de 10 000 ha/an ;
 - o La restauration et la régénération des parcours, à raison de 10 000 ha/an.
- Mise en défens des parcours du Dhahar et d'El-Ouara à travers la mise en défens simple et/ou le repos temporaire de 50 000 ha/an. ;
- Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le sud tunisien à travers la plantation de 8000 ha/an d'arbres et d'arbustes dans tous les gouvernorats du Sud
- financement de projets de SC au profit des communautés locales permettant d'accorder des subventions au profit des petits exploitants pour séquestrer le carbone par l'adoption de pratiques agroforestières et pour réduire les émissions résultant du déboisement et de la dégradation (REDD) du couvert végétal.

Pour les projets de gestion durable des écosystèmes forestiers dans la région MENA, la séquestration du carbone est considérée comme un co-bénéfice à l'inverse des projets REDD+ où l'atténuation des émissions de GES constitue l'objectif même du projet.

Au niveau de la mise en œuvre, ils existent plusieurs défis d'ordre technique mais également d'ordre organisationnel et social. Un projet pilote de démonstration dans la région MENA permettrait certainement:

- une évaluation plus précise de ce potentiel sur la base d'une meilleure définition des activités proposées notamment en ce qui concerne les données de terrain ;
- asseoir les bases techniques pour mettre en place un système MRV (Mesure, Reporting et Vérification) dans le cadre d'une approche nationale visant à intégrer le secteur des CATF dans la stratégie nationale d'atténuation des émissions de GES ;
- assurer un montage financier viable ou les bénéficiaires sur le terrain (paysans démunis, éleveurs et autres,) seront rémunérés en fonction de leurs efforts ;
- baliser la route et identifier les aspects d'ordre institutionnel, organisationnels et social, susceptibles d'entraver la mise en œuvre sur le terrain.

2.4. Mesures à prendre pour le renforcement des capacités institutionnelles et organisationnelles.

- Promouvoir l'organisation sociale (ONGs, associations, Organisation socio professionnelles, groupements d'agriculteurs, coopératives, etc.) et la coopération internationale en développant l'insertion aux réseaux internationaux (système ONU, ONGs internationales, fondations, etc.) à travers la mise en place et la consolidation de réseaux d'alliance d'ONGs, d'institutions et de centres de recherche et universités regroupant des représentants des pays des régions BRIKS et MENA.

- Promouvoir les échanges inter-région et inter-pays pour valoriser et adapter les savoirs faire locaux et consolider les traditions de solidarité sociale et des réseaux sociaux locaux
- Développer des actions de communication sur la séquestration et plan action
- Promouvoir les actions de préventions et d'alerte
- Renforcement des réseaux de collecte et de partage des données (climatiques, environnementales et socio-économiques) à travers la création et/ou le renforcement des centres de suivi et de surveillance environnementale (ex CSE, IGAD, CILSS)
- mise en œuvre d'un système de coordination et d'échange d'expériences sur les approches et outils de gestion des écosystèmes à travers la mise en place de réseaux d'échanges d'expériences, de savoir faire, de marketing et de commercialisation de tous les produits de terroirs entre les différents acteurs et entre les différents pays de la région MENA ;
- mise en œuvre d'un système de gouvernance de ces écosystèmes permettant de réduire les pressions anthropiques et de garantir la durabilité de leurs biens et services à travers l'adoption d'approches multifonctionnelles globales et intégrées et la création et/ou le renforcement de structures de gestion ;
- adoption d'approches qui tiennent compte de l'effort déployé par la population locale ainsi que la société civile dans son environnement (approche participative, approche genre,...);
- sensibilisation et encouragement de la population locale et des ONGs à travers des textes juridiques et réglementaires qui favorisent leurs efforts déployés.
- organisation d'ateliers (un atelier par an) de partage de connaissances en matière d'approches d'amélioration de la résilience des écosystèmes et des moyens de subsistance (livelihoods) entre la région BRIKS et MENA
- renforcement des capacités des institutions publiques de développement et des organisations de base (outils juridiques et financiers : code pastoral) ;
- création d'un cadre incitatif favorable au développement pastoral moyennant les mesures suivantes :
 - o créer un cadre réglementaire permettant de limiter progressivement l'extension des cultures dans les zones fragiles ;
 - o promouvoir les mesures de contrôle d'accès aux ressources plutôt que celles de contrôle du nombre d'animaux et remédier à une situation où la gratuité des ressources prime.
- promouvoir des structures et des approches participatives décentralisées pour inventorier et trouver des solutions aux problèmes fonciers. La prise en compte de l'utilisation réelle du foncier et des modes d'organisation, formels et informels, des éleveurs doit contribuer à l'adoption de schémas de développement souples. Les principes suivants peuvent être ainsi énoncés :
 - o sécuriser et garantir les droits des usagers afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles ;
 - o contrôler l'accès et l'utilisation des parcours (décentralisation et organisation des éleveurs) ;
 - o introduire des redevances de pâturages gérées localement (détermination des montants et utilisation des recettes définies localement) ;
 - o développer des actions intégrées en prenant en compte les dimensions économiques et sociales du développement.

- organisation de la société pastorale et vulgarisation des acquis et des bonnes pratiques avec l'appui à la création de groupements, associations ou coopératives...
- Développement de l'approche intégrée de gestion avec implication, responsabilisation des différents acteurs (décideurs public, population, structure de développement, autorité communale et religieuse...) et établissement de conventions de gestion des terroirs avec les populations locales ;
- Renforcement et harmonisation du suivi-évaluation. La mise en place de systèmes améliorés de collecte et d'analyse des données doit permettre notamment un suivi simplifié et continu de l'état des ressources et une évaluation de l'impact des différents stress et perturbations. Pour qu'ils soient financièrement acceptables sur le long terme, ces systèmes devront être réalisables au sein des structures et des établissements de R/D existants. Les échanges d'expériences et d'approches avec une portée régionale nécessitent, en plus, une structure comme l'OSS qui assure la coordination (plateforme d'échange, rencontres, études régionales, voyages d'études...) en vue d'une capitalisation des expériences et une pérennisation des acquis et leur valorisation à un niveau régional. Sur un niveau plus global, des institutions et organisations régionales comme l'UMA, l'ACSAD, l'ICARDA, le CILSS, la FAO... peuvent être associées aux réflexions et aux approches à mettre en œuvre pour apporter leurs expériences et leurs efforts dans le domaine de lutte contre les effets des CC.
- Education, Formation, sensibilisation des riverains à la vulnérabilité des écosystèmes et comment ils peuvent contribuer à leur robustesse en vue de leur implication et leur responsabilisation ;
- Appui aux recherches scientifiques innovantes et ciblées / développement de cultures alternatives et de technologies appropriées : sélection et développement de nouvelles variétés de cultures et de plantes spontanées qui peuvent s'adapter à des températures plus élevées et à des portées différentes de saisons, qui ont besoin de moins d'eau, et qui peuvent résister à des niveaux plus élevés de salinité.
- Intégration de l'adaptation dans les plans nationaux de développement : l'adaptation est réussie si elle réduit la vulnérabilité des pays et les populations pauvres à la variabilité climatique existante, tout en renforçant le potentiel d'anticiper et de réagir aux changements dans le futur. La preuve de l'expérience passée suggère que l'adaptation est mieux assurée grâce à l'intégration des réponses au CC dans le développement et le processus d'éradication de la pauvreté, plutôt que les traiter séparément. La justification de l'intégration de l'adaptation dans les stratégies et les pratiques de développement est soulignée par le fait que bon nombre des interventions nécessaires pour accroître la résilience au changement climatique, profitent généralement des objectifs de développement. L'adaptation exige le développement du capital humain, le renforcement des systèmes institutionnels, et la gestion saine des finances publiques et des ressources naturelles (Adger et al, 2003). Ces processus renforceront la résilience des pays, les communautés et les ménages aux chocs et aux contraintes, y compris le CC.

Conclusion Générale

Cette étude a permis de montrer que les écosystèmes des zones arides et désertique de la région MENA, qui sont déjà très fragilisés sous l'effet du facteur anthropozoïque, sont vulnérables aux changements climatiques. Actuellement surexploités, ils seraient plus dégradés sous la même pression et sous des conditions d'aridité plus fortes. Les conséquences directes se traduiraient par une réduction des biens et services fournis par ces écosystèmes (accentuation du déficit du bilan fourrager, appauvrissement en espèces les plus prisées par les populations locales ou par les animaux, amplification du phénomène de la désertification...) et par une réduction des surfaces cultivables pouvant atteindre 50%. Une telle situation se traduirait par l'accroissement de l'insécurité alimentaire, l'augmentation de la pression sur les ressources en eau qui souffrent déjà de pénurie chroniques pouvant entraver la croissance économique ce qui augmenterait la probabilité de conflits, les mouvements des populations, les migrations non contrôlées, la pauvreté et l'inégalité sociale.

L'analyse synthétique des approches de la vulnérabilité au changement climatique de ces écosystèmes montre qu'en dépit de la sévérité des conditions climatiques, ces écosystèmes restent caractérisés par des capacités adaptatives et productives assez élevées si cette sévérité est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace et si on procède à une valorisation en multi-usages de sa production primaire.

La bonne capacité de résilience qui caractérise ces écosystèmes est assurée à la fois par les particularités des régulations morphologiques et physiologiques des plantes qui s'y développent et par la diversité de l'origine biogéographique de leurs cortèges floristiques et des situations topographiques qu'occupent ces écosystèmes.

Certes la productivité de ces écosystèmes est relativement faible, mais compte tenu des larges étendues qu'ils occupent, leur contribution dans la séquestration de carbone est loin d'être négligeable. Elle est d'autant plus importante à considérer que la durée de vie du carbone dans les sols des zones arides est parfois plus longue que celle dans les sols forestiers.

Une gestion plus rationnelle des écosystèmes forestiers des zones arides et une allocation plus efficiente de leurs ressources contribueraient à la restauration du puits de carbone du sol tout en améliorant les moyens d'existence des populations. Les mesures techniques de gestion de ces écosystèmes doivent être conçues dans le cadre d'une approche multifonctionnelle, globale et intégrée impliquant les usagers à toutes les phases de préparation et de mise en place des programmes d'action.

La vulnérabilité d'un système donné est conditionnée par les effets de l'intensité de son exposition au CC et de ses capacités d'adaptation dites autonomes ou intrinsèques. Afin de réduire les effets négatifs et la vulnérabilité du système, l'action (à travers les mesures politiques, plans d'action et stratégies d'intervention) distingue deux voies possibles : l'adaptation du système lui-même et l'atténuation du CC à travers la réduction des interventions humaines à effet de serre (réduction des émissions de CO₂).

Les résultats dégagés à travers cette étude ont révélé l'intérêt et la pertinence de l'action face à l'inaction dont les impacts pourraient être lourdement facturés à la société actuelle mais surtout aux générations futures. Par conséquent, la mise en œuvre des stratégies appropriées d'adaptation à court, moyen et long termes se justifient amplement. Des efforts d'affinement de ce type de travaux et leur couplage à des actions de planification et de mise en œuvre de stratégies d'adaptation et

d'atténuation au CC s'imposent et deviennent plus qu'une nécessité. Laquelle nécessité impose à la communauté nationale et internationale d'agir et de mobiliser les fonds suffisants pour plaider en faveur de l'action.

Pour faire face aux effets néfastes du CC sur les écosystèmes forestiers des zones arides, plusieurs techniques de restauration/réhabilitation et de gestion, favorisant la résilience de ces écosystèmes peuvent être préconisées. Il s'agit de l'ensemble des bonnes pratiques de restauration /réhabilitation des parcours associées aux travaux de CES, à la valorisation des eaux non conventionnelles et aux pratiques de gestion rationnelles et au choix des espèces aux usages multiples les plus résistantes avec une localisation optimale dans l'espace (prenant en considération les potentialités édaphiques des milieux d'intervention) et dans le temps (en vue de saisir les événements météorologiques favorables).

Une identification des risques et l'analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations identifiées face aux effets du changement climatique basée sur l'approche "Sustainable Livelihood Approche SLA" a été faite sur la base d'études de cas pertinentes réalisées dans les pays concernés par le projet MENA/DELP.

Cette analyse a montré que parmi les conséquences les plus graves du changement climatique est son impact négatif sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations tributaires de l'agriculture. La plupart des estimations indiquent que le changement climatique est susceptible de réduire la productivité agricole, la stabilité de la production et des revenus dans une zone où les besoins en produits agricoles sont couverts à 40% par des importations.

La classification des différents moyens de subsistance (Livelihoods) en fonction des sources de revenus a montré que celles-ci renseignent sur l'importance du capital financier dans les différents moyens de subsistance (Livelihoods). D'après les études de cas ces sources de revenus sont multiples et diversifiées pour garantir aux ménages ruraux vulnérables un minimum selon les circonstances et les conditions climatiques ou socio économiques. Ceci confirme les habitudes historiques de sociétés des régions arides qui priorisent la sécurité alimentaire et économique pour pallier aux changements et risques de toutes sortes. Les principales sources de revenus proviennent des ventes des produits agricoles et d'élevage, des ventes des stocks accumulés durant les périodes précédentes, de l'épargne, des activités non agricoles tels que l'artisanat, le tourisme, les services commerces, location des l'effort humain en contre partie de salaires dans des secteurs économiques comme le bâtiment, les chantiers de l'Etat , l'industrie, l'administration et autres activités salariales dans la région, des envois de fonds réguliers en provenance de l'émigration régional, nationale ou internationale, les crédits de toutes sortes notamment les formes de solidarité des groupes, des banques, des agences, des ONGs etc., des pensions, la vente du capital physique tels que le bétail et les terres qui sont utilisés pour des investissements financiers pour générer des revenus.

Au-delà de la sécurisation de bonnes pratiques dans la gestion des écosystèmes arides comme une première étape, les projections sur le CC et les impacts associés nécessitent des décisions de gestion différentes des pratiques actuelles et les objectifs de gestion doivent être révisés. Alors que la gestion durable est toujours un exercice de planification, la planification de l'adaptation au CC nécessite une plus grande anticipation de nouveaux risques en vue de leur réduction systématique et une prédisposition de la part de tous les acteurs (planificateurs, décideurs, usagers..) à la réaffectation des ressources disponibles au niveau de ces écosystèmes. Le concept de "mise en valeur" des écosystèmes arides doit être élargie de façon à inclure tous les bien et services que ces écosystèmes

sont susceptibles de fournir y compris leur potentiel de séquestration de carbone qui sont loin d'être négligeables.

Ces opportunités peuvent être réalisées avec le renforcement ciblé des capacités et des incitations efficaces pour améliorer la gestion de ces écosystèmes fragiles, soutenue par des politiques qui répondent aux dimensions naturelles et sociales, et des mécanismes de financement qui permettent la participation de l'ensemble des parties prenantes.

La dévolution du pouvoir du sommet vers la base peut être décrétée, mais sa pratique effective exige des structures favorables à la dévolution, une légitimité, une capacité de leadership ainsi qu'une capacité de gestion des affaires de la communauté, d'arbitrage et de négociation avec différentes parties prenantes. Une gestion centralisée et directive se caractérise par une logique de pouvoir basée sur la règle et l'asymétrie de l'information. La participation de la base implique, au contraire, de nouvelles contraintes de transparence, de régulation et de discussion des règles en vigueur.

Le raisonnement, l'analyse et l'argumentation, visant la conception d'un plan de gestion durable des écosystèmes arides, doivent être bâtis sur les constats et les conclusions d'un diagnostic bio-physique et socio-économique. La situation agro-économique, les contraintes du milieu et les aspirations des partenaires sociaux doivent être en effet bien analysées. L'organisation socio-foncière, institutionnelle, administrative et communautaire doit être aussi bien décrite.

L'adaptation est réussie si elle réduit la vulnérabilité des pays et les populations pauvres à la variabilité climatique existante, tout en renforçant le potentiel d'anticiper et de réagir aux changements dans le futur. La preuve des expériences passées suggère que l'adaptation est mieux assurée grâce à l'intégration des réponses aux changements climatiques dans le développement et le processus d'éradication de la pauvreté, plutôt que les traiter séparément. La justification de l'intégration de l'adaptation dans les stratégies et les pratiques de développement est soulignée par le fait que bon nombre des interventions nécessaires pour accroître la résilience aux changements climatiques, profitent généralement des objectifs de développement. L'adaptation exige le développement du capital humain, le renforcement des systèmes institutionnels, et la gestion saine des finances publiques et des ressources naturelles. Ce processus renforcera la résilience des pays, des communautés et des ménages à tous les chocs et les contraintes, y compris la variabilité climatique.

Les orientations et la mise en place d'une stratégie d'augmentation de la résilience face au changement climatique des écosystèmes pastoraux au niveau de la région MENA nécessitent d'entreprendre les mesures suivantes :

- création d'unités dédiées spécifiquement à la stratégie d'adaptation au niveau des différents pays de la région ;
- implication des usagers de ces écosystèmes depuis la planification jusqu'à la mise en œuvre et la gestion des espaces ;
- renforcement des capacités des institutions publiques de développement et des organisations de base ;
- développement et application de techniques et technologies adéquates en matière d'aménagement et de gestion des parcours ;
- développement des capacités des populations dépendantes des ressources locales à valoriser les connaissances et le savoir faire locaux pour développer des agro écosystèmes plus durables et résistants aux impacts du changement climatique ;

- appui à des recherches scientifiques innovantes et ciblées ;
- renforcement de l'infrastructure et mise en place d'un système d'échange d'information et d'expérience.

Références bibliographiques

- Adger W.N., Huq S., Brown K., Conway D. and Hulme M. 2003. Adaptation to climate change in the developing world *Progress in Development Studies* 3,3 (2003) pp. 179–195.
- Agoumi A. 2003. "Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques, besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre". Institut international du développement durable (IIDD), 15 p.
- Alary V., Aboul-Naga A., El Sheifa M., Abdelkrim N., Hamdon H. 2011. Roles of small ruminants in the rural livelihood improvement — Comparative analysis in Egypt
- Al-Mahasneh L. 2013. "Watershed modeling, monitoring and management component" Middle East Water Livelihood Initiative (WLI) workshop, Jordan, November, 2013 NCARE, Jordan.
- Al-Mahasneh L. 2013. "Watershed modeling, monitoring and management component in Jordan" workshop, Jordan, November, 2013 NCARE, Jordan
- Arab Republic of Egypt, IFAD, 2014. Sustainable Agriculture Investments and Livelihoods, Design completion report, Main report and appendices IFAD, Near East, North Africa and Europe Division, Programme Management Department, 143p.
- Baldwin RA (2009) Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11:854–866
- Balesdent et Arrouays, 1999
- Banque mondiale 2008. Développement et changement climatique Cadre stratégique pour le Groupe de la Banque mondiale the World Bank Group. www.worldbank.org.
- Batjes, N.H. 1999. Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Wageningen, the Netherlands, International Soil Reference and Information Centre.
- Baumann, P., 2002, Improving access to natural resources for the rural poor: A critical analysis of central concepts and emerging trends from sustainable livelihoods perspective. Livelihood Support Programme of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), v. 46.
- Bazza M (2009) Climate change in the NENA Region: Challenges and opportunities for reducing vulnerability of agriculture and food security. NENA Climate Change Forum, Rome (Italy), 8–9 November 2009
- Ben Chaabane H. 2009. La composante socio-économique dans l'évaluation locale [LADA-L]. Principe et méthodes. Atelier de formation des évaluateurs, LADA -L, Médenine, 24 – 30 janvier 2010
- Boucherf Dj., 2014. Le changement climatique mythe ou défi au niveau global ? Communication présentée à la conférence changement climatique : quel défi pour les ressources en eau ? Alger 20 MARS 2014.
- Brooks, N. 2003. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 38, Tyndall Centre for Climate Change Research and Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, U.K. 16 pp.

- Carney Diana, 2002. Sustainable Livelihoods Approaches: Progress and Possibilities for Change. London: Department for International Development. http://www.eldis.org/vfile/upload/1/document/0812/sla_progress.pdf
- Carney, D. 1998. Implementing the sustainable rural livelihoods approach. Paper presented to the DfID, Natural Resource Advisers' Conference. London: Department for International Development.
- Carter T.R., Parry M.L., Harasawa H. and Nishioka S. 1994. IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations with a summary for policy makers and a Technical Summary. London, Department of Geography, University College, and Japan, Centre for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies. pp.59.
- Chambers, R., 1987. Sustainable livelihoods, environment and development: putting poor rural people first', IDS Discussion Paper 240, Brighton: IDS
- Chan, K.Y. & Bowman, A.M. 1995. Degradation of Australian vertisols after conversion
- Conant, R.T. & Paustian, K. 2002. Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochem. Cy.*, 16(4): 1143.
- Conant, R.T., Paustian, K. & Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecol. Appl.*, 11: 343–355.
- Dale, V., Fortes, D., and Ashwood, T., 2002, A landscape- transition matrix approach for land management, in Liu, J., and Taylor, W., eds., *Integrating landscape ecology into natural resource management.*, Cambridge University press., p. 265-293.
- Dasgupta S., Benoit Laplante, Craig Meisner, David Wheeler and Jianping Yan 2007. The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007.
- Dasgupta, s, Laplante, B., Meisner, c., Wheeler, D., and Yan, J. 2007. The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007.
- De PERTHUIS C. (2010) : Manuel de l'analyse de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation au changement climatique. Copyright CARE, 1ère édition, 43p.
- Dearden, P., Roland, R., Allison, G., and Allen, C., 2002, Sustainable livelihood approaches: from the framework to the field: Sustainable Livelihood Guidance Sheets. University of Bradford, Department for International Development, UK.
- Department for International Development DFID, Disaster risk reduction: a development concern (London: Department for International Development, 2004); D. Stromberg, Natural disasters, economic development, and humanitarian aid (*The Journal of Economic Perspectives*, 21/3, 199-222, 2007).
- Deramus, H.A., Clement, T.C., Giampola, D.D. and Dickison, P.C. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages. *J. Environ. Qual.* 32, No. 1 (2003): 269–77.
- DFID. 2004. Agriculture, growth and poverty reduction Agriculture and Natural Resources Team of the UK Department for International Development (DFID) in collaboration with Anne Thomson of Oxford Policy Management, Oxford.

- DGACTA, FAO, 2006. Cadre institutionnel et législatif, Information et données disponibles, Etat des connaissances. Projet LADA pour une évaluation de la dégradation des terres en Tunisie, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques DG/ACTA, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 63 pages.
- DGACTA, FAO, 2010. Rapport de synthèse des évaluations locales de la dégradation et de la gestion durable de terres dans les sites de Tunisie. Projet LADA, Tunisie. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et de la Pêche, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 36 pages.
- Dregne, H.E. 2002. Land degradation in drylands. *Arid Land Res. Man.*, 16: 99–132.
- Egypt second national communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- FAO. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, by H. Steinfeld, P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosale & C. de Haan. Livestock, Environment and Development Initiative. Rome (also available at <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>)
- FAO 2004. Carbon sequestration in dryland soils.
- FAO. 2013. La Résilience des Moyens d'Existence – Réduction des Risques de Catastrophe pour la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle. 124 p.
- FAO/LADA 2010 site LADA:
http://www.fao.org/nr/lada/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=57&Itemid=165&lang=en
- Ferchichi A., 2013. "Vulnérabilité au changement climatique des écosystèmes pastoraux et mesures d'adaptation pour l'amélioration de la productivité de l'élevage en zone désertique" » Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), projet MENA-DELP. 62 pages.
- Ferchichi A., Ayadi S. 2014. "Inventaire analytique sur les techniques adaptées pour la gestion et l'aménagement des parcours au niveau des zones désertiques dans le cadre du Projet MENA-DELP" OSS, Projet MENA-DELP, 119 pages.
- Franzluebbers, A.J., Stuedemann, J.A., Schomberg, H.H. & Wilkinson, S.R. 2000. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 469–478. from native grassland (*Astrelba lappacea*) to continuous cropping in a semi-arid subtropical environment. *Trop. Grass.*, 29: 210–217.
- Garten, C.T. & Wullschleger, S.D. 2000 Soil carbon dynamics beneath switchgrass as indicated by stable isotope analysis. *J. Env. Qual.*, 29: 645–653.
- Gbesso F. H. G., Tente B. H. A., Gouwakinnou N. G. et Brice Augustin Sinsin B. A. (2013) : Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)
- GIEC, 2007. 4^{ème} rapport du GIEC, GIEC, WGI : the Physical science basis, 2007.
- GIZ. 2014. Rapport de Synthèse. Etudes de la vulnérabilité de trois écosystèmes tunisiens face au changement climatique. Mandaté par le Ministère fédéral de la Coopération économique et le Développement et de la République Fédérale de l'Allemagne ; Institutions partenaires :

Ministère de l'Agriculture, Institut des Régions Arides, CRDA de Beja, Jendouba, Bizerte, Kasserine et Médenine.

GIZ et Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification Avec l'appui de ECO Consult (2012) : Les écosystèmes forestiers au service du développement et de l'adaptation au changement climatique ; Adaptation basée sur les Ecosystèmes Forestiers ; Cas de la région Souss Massa Drâa au Maroc. 8p.

Glenn, E., Squires, V., Olsen, M. & Frye, R. 1993 Potential for carbon sequestration in drylands. *Wat. Air Soil Poll.*, 70: 341–355. importance of management of soil organic matter in the tropics. In P.L. Woomer & M.J.

Hannah Isaac, Stephen Gitonga, Teketel Abebe and Arthur Mugenzi . Fuel Substitution – Poverty, Impacts on Biomass Fuel Suppliers. Conceptual Livelihoods Framework: using the Sustainable Livelihoods approach to analyse poverty impacts.

<http://www.un.org/humansecurity/sites/www.un.org/humansecurity/files/hsu%20documents/12th%20ABHS%20Progress%20Report%20with%20Annex.pdf> consulté le 16 10 2015.

Hubert E. Meena and Paul O'Keefe, 2007. Sustainable Livelihoods in the Context of Vulnerability and a daptation to Climate Change Impacts in Tanzania: A Case Study of Kilimanjaro Region, 40p.

IFAD (International Fund for Agricultural Development), 2011. Addressing climate change in the Near East and North Africa. www.ifad.org, www.ruralpovertyportal.org

IFAD, 2014. March 2014. Country Programme Evaluation Report No. 3372-JO. Document of the International Fund for Agricultural Development, Hashemite Kingdom of Jordan, 112p.

IFAD, Arab Republic of Egypt 2014. Sustainable Agriculture Investments and Livelihoods Design completion report Main report and appendices Document Date: 7-Jul 2014 Project No. 1100001745 Near East, North Africa and Europe Division Programme Management Department <http://ifad.org/operations/projects/design/113/nen/egypt.pdf> consulté le 16/10/2015

IPCC, 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report (Ch. 9). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IUCN, Centre de Coopération pour la Méditerranée. 2007. Programme sous-régional Afrique du Nord, 2008-2012.

Johnston LG, Whitehead S, Simic M, Kendall C (2010) Formative research to optimise Respondent Driven Sampling surveys among hard to reach populations in HIV behavioral and biological surveillance: Lessons learned from four case studies. *AIDS Care* 22(6):784–792

Karl, M., Potters, J., Colatei, D., and Dohrn, S., 2002, Participatory Policy Reform from a Sustainable Livelihoods Perspective Review of concepts and practical experiences: Livelihood Support Programme.

Lacambra Segura C. (2011) : Analyse rapide des outils d'évaluation de la vulnérabilité et proposition cadre. UNEP-WCMC technical report.

- Laila M. Bidak, Sania A. Kamal, Marwa Waseem A. Halmy, Selim Z. Heneidy (2015) : Goods and services provided by native plants in desert ecosystems: Examples from the northwestern coastal desert of Egypt. *Global Ecology and Conservation*, Elsevier 3(2015)433-447.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304: 1623-1627. (www.sciencemag.org/cgi/content/full/305/5690/1567DCI)
- Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F. & Cole, C.V. 1998. The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Chelsea, USA, Ann. Arbor. Press.
- Le Houérou (1993) : Changement climatiques et désertification ; Synthèse. *Sécheresse* ; 4 :95-111
- Le Houérou(1996): Climate change, drought and desertification *Journal of Arid Environments* (1996) 34: 133–185.
- Le Houérou(1996): Climate change, drought and desertification *Journal of Arid Environments* (1996) 34: 133–185.
- LENOIR J. & SVENNING J.C. (2014). Climate-related range shifts - a global multidimensional synthesis and new research directions. *Ecography*. Numéro 37. Pages 1-14.
- Marleau E (2011) : Adaptation aux changements climatiques dans les pays en développement; quelles pratiques pour une approche à base communautaire? Centre Universitaire de Formation en Environnement. Sherbrooke, Québec, Canada ; 143 p.
- Marty P., Manceron S., Le Mouël C. et Schmitt B. (2015) : Le système agricole et alimentaire de la région Afrique du Nord – Moyen-Orient : une analyse rétrospective (1961-2012). *Pluriagri* ; INRA- France.
- Mecycorps 2013 : "Community-Based Initiatives for Water Demand Management Project II in Jordan" Middle East Water Livelihood Initiative (WLI) workshop, Jordan, November, 2013, ICARDA, USAID, www.mercycorps.org
- MHIRIT O. et ET-TOBI M.(2010) : Les écosystèmes forestiers face au changement climatique : situation et perspectives d'adaptation au Maroc. IRES Maroc, 260P.
- Ministry of Planning and International Co-operation. Hashemite Kingdom of Jordan United Nations Development Programme, Jordan, Jordanian Hashemite Fund for Human Development/Queen Zein Al Sharaf Institute for Development, Jordan Amman-Jordan 2004. Jordan human development report 2004. Building sustainable livelihoods, 156 p.
- Mohamed Tawfic Ahmed 2012. Vulnerability of Sudr to Climate Change, Livelihood Index, An Approach to Assess Risks and Develop Future Adaptation Strategy, Case study: Sudr, Sinai , Clico (Egypt), 31p.
- MORIN X. & THUILLER W. (2009). Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. *Ecology*. Numéro 90. Pages 1301-1313.
- Mowhawish Yasser, Akroush Samia, et al 2013 ." NCARE. Water Management Strategies and Impacts on Livelihoods in Jordan". Middle East Water Livelihood Initiative (WLI). 5th Regional Coordination Meeting Amman – Jordan, 2013

- Norton, A., and Foster, M., 2001. The potential of using sustainable livelihoods approaches in poverty reduction strategy papers, Overseas Development Institute London.
- ONU, 2012. Progress report to the advisory board on human security october 2011 to September 2012
- ONU. 2000. Les objectifs du millénaire, <http://www.un.org/fr/millenniumgoals/bkgd.shtml>
- Osman-Elasha B. 2010. Climate change adaptation options and good practices for the Arab countries, UNDP-Arab Region Office, 57p.
- OSS(2008) : Synthèse Afrique du Nord « flore – végétation – occupation des terres » Document de travail Surveillance environnementale à long Terme en Réseau circum-saharien. 65P.
- OSS, ILWAC, DGPC, 2013. "Guide Méthodologique Cartographie de la vulnérabilité face aux risques climatiques". Gestion intégrée de la terre et de l'eau pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali, 39 pages.
- Ouled Belgacem A. & Louhaichi M (2013): The vulnerability of native rangeland plant species to global climate change in the West Asia and North African regions. Springer, Climatic Change (2013) 119:451–463 DOI 10.1007/s10584-013-0701-z
- Ouled Belgacem A., Ouessar M., Sghaier M., 2011. Vulnérabilité de l'écosystème pastoral face au changement climatique dans le Gouvernorat de Médenine, Rapport de synthèse, GIZ/MEDD, Institut des Régions Arides, Médenine, 46 pages
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol Model 190:231–259
- PLURIAGRI, 2015. Afrique du Nord - Moyen-Orient à l'horizon 2050 : vers une dépendance accrue aux importations agricoles, INRA France.
- République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Direction générale de l'environnement (2001) .Projet national ALG/98/G31, Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques, Communication nationale initiale
- République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 2010. Seconde communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques à la CCNUCC. 198 p.
- République Tunisienne, Ministère de l'Environnement 2012. Stratégie Nationale sur le Changement Climatique, Rapport de la stratégie, Rapport final. GIZ, Coopération Allemande au Développement, Groupement ALCOR - TEC. 165 p.
- Rizvi, A.R., Baig, S., Verdone, M. (2015). L'Adaptation fondée sur les Ecosystèmes: Arguments Economiques pour Promouvoir les Solutions fondées sur la Nature en réponse au Changement Climatique. Gland, Suisse: UICN. v + 52 pp.
- Sadek T. 2010. Sustainable livelihood approach and climate change. Expert Group Meeting on Promoting Best Practices on sustainable Rural Livelihoods in the ESCWA Region Beirut, 24-25 November 2010, UNITED NATIONS, Economic and social Commission for Western Asia.

- Samsudin, S., and Kamaruddin, R., 2013, Distribution of the Livelihood Assets among the Hardcore Poor: Evidence from Kedah, Malaysia.
- Schinke B., Klawitter J. 2011. Desertec and Human Development at the Local Level in the MENA-Region, A human rights-based and sustainable livelihoods analysis. Desertec study, analysis. Published by Diakonisches Werk der EKD e.V. for Brot für die Welt and Germanwatch. Stuttgart, 52p.
- Schnitzer, M. 1991. Soil organic matter – the next 75 years. *Soil Sci.*, 151: 41–58.
- Schuman, G.E., Janzen, H.H. & Herrick, J.E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Env. Poll.*, 116: 391–396. Swift, eds. Biological management of tropical soil fertility, pp. 74–80. Chichester, UK,
- Scoones Ian, 1998. Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis', IDS Working Paper 72.
- Sghaier M. & Ouessar M. 2011. Note synthétique sur l'approche méthodologique d'analyse de vulnérabilité au changement climatique. Cas illustré du système oléicole dans le gouvernorat de Médenine (Tunisie). IRA/GIZ, 42 pages.
- Sghaier M. 2011. Etude sur la vulnérabilité de l'écosystème pastoral face au changement climatique dans le Gouvernorat de Médenine. Rapport thématique de l'économie environnementale (Evaluation économique des biens et services de l'écosystème pastoral), Rapport des étapes 1, 2 et 3 MEDD, GIZ, 37 pages.
- Sghaier M. 2014. Etude sur l'intégration des impacts du changement climatique dans la gestion des eaux du bassin du SASS. Rapport phase a: définition de la situation de référence : Aspects socio économiques. Programme Eau, Climat et Développement pour l'Afrique (WACDEP), Global Water Partnership Mediterranean (GWP-Med), 60p.
- Sghaier M. 2015. "Socio économie et approche d'intégration (Principaux défis, tentatives et perspectives)". Communication introductive. International conference on "Integrated Land and Water Resources Management in the Dry Areas under Climate Change (ILDAC 2015)" Djerba Island, Tunisia: 11-13 May 2015, Session 5: Socio économie et approches d'intégration.
- Sghaier M., Abdeladhim M., Ouessar M. and Ben Zaied M. 2014. "Integrated impact assessment of livelihood & water management practices in Oum zessar watershed". National Workshop on Water Resources and Livelihoods in the Dry Areas Considering Climate Uncertainty, Hammamet, Tunisia, 25-26 September, 2014
- Sghaier M., Abdeladhim M., Ouessar M., 2015. Integrated impact assessment of livelihood & water management practices in Oum Zessar watershed, south east of Tunisia. The International Conference on "Integrated land and water resources management in the dry areas under climate change" Djerba Island, Tunisia, May 11-14th, 2015. Theme 5: Socio-economic aspects integrated participatory approaches for sustainable development, 12p, submitted to Springer.
- Sghaier M., Fetoui M. et al, 2010 : présentation des résultats du travail de l'équipe socioéconomique IRA-CRDA. Atelier de restitution 14-15 Avril 2010 Médenine Projet LADA (Land Degradation Assessment in Drylands).

- Sghaier M., Ouessar M., Ouled Belgacem A. et Taamallah H., 2009. "Analyse des stratégies d'adaptation à la variabilité climatique en zones aride, semi aride et sub-humide sèche et valorisation des leçons tirées dans la zone d'action de l'OSS". Rapport scientifique. Projet ACCCA/IRA/OSS/UNITAR. 85 p.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H.H., Kumar, P., McCarl, B.A., Ogle, S.M., Mara, F. O., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U.A., & Towprayoon, S. 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118: 6-28.
- Sordello R., Herard K., Coste S., Conruyt-Rogéon G. & Touroult J. 2014. Le changement climatique et les réseaux écologiques. Point sur la connaissance et pistes de développement. Rapport MNHN-SPN. 178 pages.
- Trumbore, S.E., Davidson, E.A., Barbosa de Camargo, P., Nepstad, D.C. & Martinelli, L.A. 1995. Belowground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. *Glob. Biochem. Cyc.*, 9: 515–528.
- Willms, W.D., Dormaar, J.F., Adams, B.W. & Douwes, H.E. 2002. Response of the mixed prairie to protection from grazing. *J. Range Man.*, 55: 210–216.
- Woomer, P.L., Martin, A., Albrecht, A., Resck, D.V.S. & Scharpenseel, H.W. 1994. The
- World Bank (2012): *Adaptation to a changing climate in the Arab countries : a case for adaptation governance and leadership in building climate resilience* p. cm.—(MENA development report) Includes bibliographical references. Dorte Verner, Editor ISBN 978-0-8213-9458-8 (alk. paper)—ISBN 978-0-8213-9459-5; 402p.
- World Bank, 2012. *Adaptation to a changing climate in the Arab countries : a case for adaptation governance and leadership in building climate resilience* p. cm.—(MENA development report) Includes bibliographical references. Dorte Verner, Editor ISBN 978-0-8213-9458-8 (alk. paper)—ISBN 978-0-8213-9459-5; 402p.
- World Bank, 2010. *World Development Report: Development and Climate Change* www.worldbank.org/wdr2010
- Wuppertal Institute; Germanwatch, 2015. *Social CSP – Energy and development: exploring the local livelihood dimension of the Noor I CSP project in Southern Morocco. Final report to the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ).* Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy: Wuppertal; Germanwatch: Bonn. www.wupperinst.org/en/projects/details/wi/p/s/pd/449/

LINKS

- IFAD and climate change www.ifad.org/climate/
- United Nations Framework Convention on Climate Change www.unfccc.int
- Intergovernmental Panel on Climate Change www.ipcc.ch
- <http://newsroom.unfccc.int/>

http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php

COP 17 www.cop17durban.com

COP 21 <http://www.cop21.gouv.fr/>

<http://www.cop21paris.org/>

Egypt Idku Livelihoods Development Initiative (ILDI)

<http://www.asintl.org/our-experience-Egypt-Idku-Livelihoods-Development-Initiative.html> consulté
le 16/10/2015

www.worldbank.org <http://practicalaction.org/livelihoods-4>

http://www.clico.org/component/docman/cat_view/71-updated-case-studies/?limitstart=0

<http://practicalaction.org/livelihoods-4>

<http://www.fao.org/tc/exact/accueil-ex-act/fr/>

ANNEXES

Annexe 1

Les écosystèmes forestiers des zones arides et semi-arides de la région MENA : Principaux facteurs déterminant leurs potentialités productives et adaptatives

1. La végétation des régions arides

La végétation actuelle des zones arides et désertiques de la région MENA, qui est issue de la dégradation de formations forestières primitives, est le résultat des interactions de trois facteurs essentiels : le climat, le sol et l'action anthropique. Sur la base de leurs physionomies, les formations végétales naturelles peuvent être classées comme suit :

La forêt

C'est toute formation d'au moins 7 m de haut ayant une densité d'au moins 100 arbres par hectare. La forêt peut être dense lorsque les frondaisons se touchent. Ce type de végétation n'est pratiquement pas représenté au niveau des zones arides et désertiques de la région MENA à l'exception toutefois de certaines reliques très localisées ou des sites protégés (parc nationaux comme la forêt d'*Acacia* dans le parc de Bou Hedma en Tunisie) ou artificiellement boisés. L'arganeraie au Maroc peut être assimilée à une forêt très clairsemée en zone aride sur l'anti-Atlas et notamment sur les versants donnant sur le [Sahara](#). La plus grande concentration d'arganiers se trouve dans la région du [Souss](#) où elle couvre près de 800 000 hectares, soit 14,25 % de la forêt du Maroc. Dans cette région, l'arganier s'étend de l'oued [Tensift](#) au nord, à [Tiznit](#) et [Tafraout](#) au sud, et aux abords du [djebel Siroua](#) à l'est.

Le matorral

Formation de végétaux ligneux n'excédant pas 7 m de hauteur, résultant de traitements dégradants divers d'une forêt (coupe, incendie, pâture). Il s'agit donc en fait d'une forêt dégradée qui englobe les « garrigues », « maquis », et « landes à romarin » *etc...*

Il représente la forme considérée la plus typique de la végétation méditerranéenne (Dicastri, 1981). Différentes dénominations existent selon par exemple la taille, la nature de la roche mère : garrigues et maquis....

Le matorral est considéré comme issu de la régression de formations forestières suite à différentes perturbations. Parmi les principales espèces dominantes, citons selon Ozenda (1994) : Les genévriers (*Juniperus oxycedrus et phoenicea*), le chêne vert, le lentisque, *etc...*

L'erme

L'erme est une formation **basse, herbacée** plus ou moins discontinue à **rythme saisonnier très marqué**. Il peut être arboré ou buissonneux. De bons exemples en zones arides en sont donnés par les peuplements d'asphodèles (*A. microcarpus*), d'urginée (*U. maritima*), de *Stipa retorta* et même de *Peganum harmala*.

La steppe

La steppe évoque de vastes étendus sans relief bien marqué, couvertes d'une végétation basse et discontinue. La steppe est donc une formation végétale basse et ouverte, dominée par des espèces pérennes, dépourvue d'arbres, où le sol nu apparaît dans des proportions variables. C'est le

type de formation végétale le plus répandu au niveau des zones arides et pré désertiques de la région MENA.

La steppe est l'écosystème où s'exacerbent l'ensemble des contraintes climatiques par le déficit hydrique qui devient permanent (aridité) et par la pression anthropique qui est dans la plupart des cas, de plus en plus intense.

Les formations steppiques les plus dominantes dans la région MENA

En fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé (graminée) ou ligneux (sous- arbrisseaux), nous distinguons les différents types suivants de steppe dans la région MENA :

Les steppes à chamaephytes :

Ces steppes qui occupaient environ 200 000 Km² en Afrique du nord, constituent souvent des stades de dégradation des steppes graminéennes et sont dominées par des arbrisseaux dont la taille ne dépasse guère 50 cm. Parmi les arbrisseaux, qui jouent un rôle physionomique considérable au niveau de ces steppes, il y a lieu de mentionner les espèces suivantes :

Rhaterium suaveolens, *Anabasis aretioides*, *Hammada elegans* (= *Haloxylon schmittianum*); *Artemisia campestris* subsp. *glutinosa*, *Helianthemum lippii*, *Hammada scoparia* (= *Haloxylon articulatum*), *Artemisia herba-alba* (= *A. inculta*), *Salsola vermiculata microphylla*, *Echiochilon fruticosum*, *Thymelaea hirsuta*, *Gymnocarpos decander*.

Les steppes graminéennes sont dominées par des graminées pérennes, généralement cespitueuses, telles que les steppes à alfa : *Stipa tenacissima*, les steppes à sparte : *Lygeum spartum*, à *Stipa* spp., à *Aristida* spp., à *Stipagrostis* spp., à *Hyparrhenia hirta*, etc.

Les steppes d'alfa sont limitées à l'est par Jebel Neffoussa et à l'ouest par les chaînes atlasiques , et sont absentes du Maroc atlantique. Les steppes graminéennes occupaient 80 000 à 100 000 km² en Afrique du Nord, dont 40 000 km² de steppes d'alfa, et 30 000 km² de steppes de sparte. D'après Ferchichi(2013), ces steppes ont subi de sévères dégradations et leurs superficies se sont considérablement rétrécies.

Certaines steppes graminéennes représentent des stades de dégradation de formations forestières. C'est en particulier souvent le cas des steppes à alfa. Cette régression en superficie est de l'ordre de 60 % en 100 ans. La régression en productivité moyenne est plus élevée. La production moyenne est actuellement de l'ordre de 100 kgMS/ha/an L'exploitation de l'alfa, abandonnée depuis de nombreuses années au Maroc et en Libye (Tripolitaine) est également en voie d'extinction en Algérie et en Tunisie, pour de simples raisons économiques liées à la régression considérable de la productivité et l'impossibilité pratique de la mécanisation.

Mais la réduction des superficies et des rendements n'est pas uniquement due à la surexploitation, la dégradation se poursuit en raison du surpâturage, du piétinement, de l'érosion et surtout du défrichement pour la culture des céréales. Il faut ajouter que l'alfa, une fois détruit, ne se régénère pas. En effet, dans les conditions de la steppe il ne se régénère que de manière végétative par l'expansion centrifuge des rhizomes.

Les steppes à Sparte (*Lygeum spartum*) constitue un fourrage de qualité très médiocre, mais qui est consommé lorsque la pression pastorale est intense, ce qui est généralement le cas des steppes du Nord de l'Afrique.

Les autres steppes graminéennes sont dominées par *Stipagrostis pungens* sur les sables mobiles et les dunes. Localement d'autres steppes graminéennes peuvent exister sur de petites superficies dominées par *Hyparrhenia hirta*, *Stipagrostis obtusa*, *St. plumosa*, *St. ciliata*, *Stipa parviflora*, *Stipa lagascae*.

Les steppes crassullescentes :

Elles couvrent 40 000 à 50 000 Km² au Nord de l'Afrique et sont l'objet de défrichements sur des superficies considérables, au profit des périmètres irrigués et de la céréaliculture épisodique en sec. Elles sont dominées par des espèces charnues halophiles, liées à des terrains salés. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace sont à l'origine d'une zonation particulière de la végétation halophile autour des dépressions salées. Ces formations se développent sur des sols profonds, riches en chlorure de sodium et en gypse.

Les espèces dominantes les plus communes comprennent beaucoup de Chenopodiaceae :

Arthrocnemum indicum, *Halocnemum strobilaceum*, *Salsola spp.*, *Atriplex spp.*, *Salicornia spp.*, *Suaeda spp.* mais aussi : des *Plumbaginaceae* : *Limonium spp.*, *Limoniastrum spp.*, des *Zygophyllaceae* ; *Zygophyllum spp.*, des *Frankeniaceae* : *Frankenia spp.*, des *Caryophyllaceae* : *Spergularia spp.*, des *Aizoaceae* : *Mesembryanthemum nodiflorum*.

Les pseudo-steppes

Ce terme paraît convenir pour des formations à nanophanérophytes, ouvertes, élevées (0,5 <H<3m) dont les types sont la pseudosteppe à *Retama reatam*, à *Ephedra alata ssp alenda*, à *Calligonum comosum* etc..., et la pseudo-steppe épineuse à jujubier.

Ce type de formation végétale occupe généralement des sites à bilan hydrique relativement favorable : terrasses du réseau hydrographique, dayas, falaises, substrats sableux profonds en position topographique, dépressions recevant un appoint d'eau par ruissellement.

Les endroits occupés par ce type de formation végétale constituent souvent des milieux relativement favorables aux cultures et sont de ce fait souvent défrichées, en particulier en vue de la mise en place de périmètres irrigués et de l'arboriculture en sec.

Les pseudo-savanes

Ce sont des formations claires d'*Acacia* (*A. raddiana*) comportant un faible recouvrement (10-20 %) associées à un cortège floristique à base de graminées élevées (0,5 -1,2 m) : *Cenchrus ciliaris*, *Panicum turgidum*, *Pennisetum dichotomum*, etc...

Les prairies

Formations basses à rythme saisonnier atténué, plus ou moins formées d'espèces herbacées mesophiles ou hygrophiles; par exemple les prairies de *Festuca arundinacea* et *Trifolium fragiferum*. Au niveau des zones arides de la région MENA, ce type de formation végétale n'occupe que des surfaces infimes le long de quelques oueds ou dans quelques dépressions de l'étage semi-aride.

Les formations hygrophyles

Le long des cours d'eau plus ou moins pérennes se développe une végétation à *Phragmites*, *Typha*, *Nerium oleander* et *Tamarix*.

Les pelouses

Ce sont des formations herbacées rases à rythme saisonnier marqué et à base d'hemicryptophytes et de géophytes; ex: pelouses à *Poa buebosa* ou à *Lolium perenne*. Elles n'occupent dans les zones arides de la région MENA que des surfaces infimes localisées seulement dans les étages SH et SAS.

2. Groupements végétaux et dynamique du couvert végétal en zone aride

2.1. Les groupements végétaux

Ozenda (1964) définit le groupement végétal comme « un ensemble de plantes réunies dans une même station, par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines. La composition floristique en est relativement constante quand on compare entre elles des stations semblables ».

La répartition des communautés végétales reste déterminée en grande partie par leur relation avec les conditions offertes par le milieu où elles vivent. Dans ce contexte, il est classique de distinguer : les groupements végétaux de **types zonal** et les groupements végétaux de **types azonal** (Pouget, 1980 b).

Les groupements végétaux du type zonal

Il s'agit de groupements forestiers et steppiques correspondant à une végétation naturelle déterminée essentiellement par le climat.

Les groupements végétaux du type azonal : caractérisent la végétation directement soumise à l'influence des facteurs édaphiques déterminant (salure, nappe d'eau, etc.).

Les groupes de plantes qui définissent un groupement végétal d'un milieu donné à un instant bien déterminé sont liés aux trois principaux facteurs écologiques ; il y a ainsi des groupes écologiques :

- climatiques : (étages bioclimatiques, aride, semi- aride, Saharien) ;
- édaphiques : dominants sinon exclusifs dans les groupements azonaux ;
- Anthropiques : leur action apparaît aussi par la succession des différents stades de dégradation du couvert végétal.

Chaque espèce végétale reste soumise à l'ensemble des facteurs du milieu, le fait d'appartenir à tel ou tel groupe signifie une plus grande sensibilité à l'un des facteurs ; par exemple le groupe écologique des plantes lié à la présence d'une croûte gypseuse se rencontre, uniquement sur le sol encroûté mais ces espèces ne seront pas obligatoirement les mêmes pour des bioclimats différents.

2.2. Dynamique du couvert végétal

2.2-1. Introduction

La dynamique de la végétation désigne le processus de changement dans le temps de la composition floristique d'une station déterminée après qu'une perturbation ait détruit partiellement ou totalement l'écosystème préexistant.

Des évolutions progressives de la végétation et des écosystèmes peuvent également être observées dans les zones plus ou moins protégées des facteurs de dégradation : mises en défens, plantations forestières, zones de protection diverses. On observe généralement le développement des processus inverses de ceux aboutissant à la désertification.

La compréhension de la dynamique de la végétation est un préalable essentiel pour comprendre et prévoir les réponses d'un système écologique à la perturbation et pour faire la part des tendances structurelles et conjoncturelles.

Même dans le cas de disparition des causes de dégradation, la plupart des écosystèmes ne peuvent retourner à un état antérieur, lorsqu'ils ont franchi certains seuils d'irréversibilité, sauf en cas d'interventions volontairement réalisées pour corriger les changements qui ont conduit à ce franchissement.

Le changement physionomique

Il s'agit d'un paramètre descriptif basé sur le changement dans l'espace et dans le temps des unités physionomiques de végétation :

- **Les séquences de végétation:** elles constituent les unités synthétiques de végétation et sont directement liées à la physionomie de la végétation qui dépend essentiellement du type biologique des espèces dominantes ;
- **les faciès de végétation:** ils résultent de la combinaison des premières espèces dominantes (il est généralement admis de ne retenir que les 3 premières espèces dominantes, exceptionnellement la quatrième espèce dominante peut être prise en compte).

Notion de succession et de série évolutive

La connaissance de l'occupation des terres qui combine la structure de la végétation, le degré d'artificialisation du milieu, et les espèces dominantes, permet d'obtenir une image du paysage végétal à un instant donné, mais n'apporte qu'une part de l'information que peut donner la végétation. Par contre, la dynamique de la végétation qui s'exprime par la cinématique des successions dans le temps est beaucoup plus significative.

La succession désigne le processus de colonisation d'un biotope par les êtres vivants, et les changements dans le temps de la composition floristique d'une station après qu'une perturbation ait détruit partiellement ou totalement l'écosystème préexistant.

L'évolution des groupements végétaux peut être soit cyclique soit linéaire, les groupements qui se succèdent dans le temps, en un lieu donné, constituent une série évolutive qui peut être :

- progressive: lorsque l'évolution débute par un groupement installé sur une surface nue (ou groupement pionnier), et se termine par un groupement en équilibre avec le climat et le sol (climax) ;
- régressive : lorsque l'évolution aboutit, sous l'action de l'homme, à un groupement de dégradation, très observée dans des milieux soumis à un défrichement ou un pâturage extensif.

En présence de perturbations et en leur absence, les systèmes écologiques sont caractérisés par différents concepts: équilibre, résistance, résilience. Résistance et résilience sont ainsi considérées comme les deux traits fondamentaux de la stabilité. Plusieurs auteurs ont souligné l'importance de la résistance des espèces (capacité de résister à l'impact), de la survie (la probabilité de la survie après impact), et du rétablissement (le taux de croissance après des dommages) dans la régulation de la stabilité des écosystèmes.

Certains auteurs, considèrent que l'évolution progressive du couvert végétal, à court et à moyen terme en zones arides et désertiques, paraît étroitement liée au seuil de dégradation à partir duquel les causes de perturbation disparaissent. Il paraît donc, que l'allègement des pressions anthropozoïques, qui s'exercent sur le milieu naturel dans les zones arides (labour, surpâturage), peut conduire à une dynamique progressive (succession progressive) du couvert végétal. Le Houérou et Le Floc'h (1995) estiment que la dynamique peut être régressive par dégradation (cas d'un impact élevé de l'homme) ou progressive par reconstitution (cas d'un milieu soustrait à l'action de l'homme). L'état dynamique du couvert végétal, c'est-à-dire sa place dans la séquence dynamique allant du sol nu au climax ou vice-versa, joue un rôle capital sur la stabilité, la résilience, l'entropie et la vitesse de cicatrisation du système. La résilience ou homéostasie : traduit la capacité d'un écosystème à retrouver sa structure primitive après avoir été affecté par une perturbation. La résilience est fonction de l'intensité et de la fréquence des perturbations, de plus ou moins isolement du système, de la présence de substances toxiques, etc.

La résistance, la persistance ou la rémanence: C'est la capacité d'un écosystème à rester constant ou à ne manifester qu'une réponse limitée aux variations du milieu.

La réversibilité/irréversibilité: lorsqu'un écosystème ne peut revenir par les seuls processus naturels à son état antérieur, on dit qu'il a franchi un « seuil de réversibilité ».

La vitesse de cicatrisation: les séquences de végétation donnent une idée du mode de réaction de la végétation quand l'homme vient la bouleverser, mais le pastoraliste s'intéresse spécialement à la vitesse de cicatrisation du tapis végétal; la vitesse de cicatrisation peut être définie comme celle à laquelle après destruction de la végétation, un milieu est apte, par son activité biologique à produire la formation ligneuse caractéristique de la séquence majeure.

Attributs vitaux de l'écosystème

La résilience d'un écosystème est, peut être, le meilleur indicateur de son état de santé et de son intégrité. Un ensemble d'attributs vitaux permettent de comparer la structure et le fonctionnement des écosystèmes. Ces attributs vitaux, se réfèrent soit à la structure, soit au fonctionnement de l'écosystème ;

- ✓ Attributs liés à la structure
 - richesse floristique en espèces végétales pérennes ;
 - richesse floristique en espèces végétales annuelles ;
 - recouvrement total de la végétation ;
 - stock de graines viables dans le sol ;
 - phytomasse aérienne sur pied ;
 - spectre biologique ;
 - présence et activité des espèces clés de voûtes (végétales et/ou animales).

Il s'agit des espèces dont la présence, à une densité suffisante, est nécessaire au maintien de la structure et du fonctionnement de l'écosystème.

- ✓ Attributs liés au fonctionnement
 - productivité de la biomasse ;

- taux de matière organique du sol ;
- recouvrement et nature des états de surface du sol ;
- coefficients d'infiltration des pluies ;
- réserve maximale en eau disponible ;
- coefficient d'efficacité des pluies ;
- durée de disponibilité en eau du sol.

Pour mieux comprendre la dynamique du couvert végétal, exprimée par la cinématique des successions dans le temps, il est nécessaire de rappeler les notions de résilience, de séquence de la végétation et de la vitesse de cicatrisation (Daget et Godron, 1995 ; Le Houérou et Le Floc'h, 1995).

Principaux descripteurs d'un couvert végétal naturel en rapport avec sa résistance au changement climatique

Le recouvrement global de la végétation (RGV) est la projection verticale

au sol de la partie aérienne des espèces végétales (DAGET & GODRON, 1995).

La richesse floristique représente la liste de tous les végétaux de rang taxonomique divers (famille, genre, espèces, sous espèces et variété) qui peuplent un écosystème.

L'origine biogéographique du cortège floristique. La phytogéographie étudie la répartition des végétaux à la surface du globe et les causes de cette répartition ainsi que les relations existantes entre les espèces ou communautés végétales d'une part et la géographie, les caractéristiques mésologiques (climat et sols) et biologiques (ensemble des organismes vivants) d'autre part. Un territoire phytogéographique est défini par le degré d'originalité de sa flore et de sa végétation.

2.2.2- Notion de réversibilité et de résilience

La résilience c'est la faculté d'un système écologique ayant été soumis à des perturbations de reconstituer sa physionomie initiale après une durée d'arrêt des perturbations (Noy – Meir and Walker, 1986 ; Le Houérou et Le Floc'h, 1995). La notion de résilience intègre donc la capacité d'adaptation de l'écosystème (maintien de ses fonctions et de ses structures essentielles). Ce délai de reconstitution est fonction de la dynamique interne du système écologique.

L'irréversibilité est arbitrairement comprise comme l'incapacité d'un écosystème dégradé à retrouver son état originel après une période de 25 ans de protection totale: une génération humaine (Floret & Pontanier, 1982). Des situations irréversibles sont créées lorsque les couches superficielles du sol seront érodées par l'eau ou le vent laissant à nu la roche mère sur laquelle aucune plante pérenne ne peut s'établir. L'irréversibilité est naturellement plus probable lorsque l'environnement est plus sec et le sol plus superficiel.

La dégradation d'un écosystème peut être irréversible ou non selon les conditions locales. Les conditions qui affectent la réversibilité sont les suivantes:

a) l'aridité du climat; la remontée biologique c'est-à-dire le phénomène inverse de la désertification est d'autant plus lente que le climat est plus aride. Sous des pluviosités moyennes annuelles inférieures à 100 mm la remontée est longue, difficile et souvent impossible.

b) la nature du sol, particulièrement l'état de la surface du sol, de la texture de l'horizon de surface et de la profondeur, c'est-à-dire de la perméabilité et de la capacité de stockage pour l'eau.

c) l'état de la végétation, la nature, le recouvrement et l'état dynamique du couvert végétal jouent un rôle essentiel en matière de capacité de résilience. C'est en effet de ce groupe de facteurs que dépend avant tout le degré de protection du sol contre les agents de l'érosion éolienne et hydrique. La nature et la structure de la végétation sont très différentes selon qu'il s'agit de plantes annuelles ou d'espèces pérennes, d'une végétation monostrate ou pluristrate.

2.2.3 - Séquences de végétation

La cinématique de la végétation est souvent cartographiée sous la forme de séries de végétation. Cette notion est opérationnelle pour les landes et les forêts, pour les terres cultivées, les prairies, les pelouses et plus spécialement, dans les régions méditerranéennes (Daget et Godron, 1995). Elle concerne différents stades évolutifs dont la succession est prévisible et produisant des séries de végétation. Les unités ainsi définies sont nommées séquences, et chacune d'elles prend le nom de l'espèce dominante dans le dernier des stades prévisibles.

Le développement des formations végétales depuis le sol nu jusqu'au climax, qui est l'état stable de la phytocénose, est analogue à la croissance d'un organisme (théorie organismique). Selon ces auteurs, ce processus et son aboutissement final, le climax, sont les conséquences d'une dynamique progressive du couvert végétal. D'après Le Houérou et Le Floc'h (1995), une série de végétation est une suite de communautés végétales susceptibles de se remplacer selon un ordre déterminé depuis un état stable initial peu influencé par l'homme jusqu'à des communautés très fortement affectés tels que les champs cultivés par exemple. Les espèces pionnières créent des conditions favorables à l'installation de nouvelles espèces qui les remplacent graduellement et les élimineront.

2.2.4- Vitesse de cicatrisation

Les séquences de végétation donnent une idée sur la réponse de la végétation suite à sa perturbation par l'homme, mais le développeur s'intéresse spécialement à la vitesse de cicatrisation du tapis végétal. Celle-ci peut être définie comme étant la vitesse avec laquelle, après perturbation de la végétation, un milieu serait apte, par son activité biologique, à produire la formation ligneuse caractéristique de la physionomie de la végétation. Cette vitesse de cicatrisation est très variable selon les systèmes écologiques. Elle est huit fois plus grande dans les zones humides que dans les zones arides. La capacité de régénération ne réside pas seulement dans la structure de la végétation mais également dans les caractères d'adaptation des plantes à la sécheresse et à la variabilité des conditions édapho-climatiques (dominances des thérophytes, d'espèces arido-passives et propriétés germinatives des semences...). Ces caractéristiques adaptatives permettent à ces phytocénoses de surmonter la sécheresse si l'action anthropique cesse. Il a été démontré que lorsque les facteurs qui agissent sur l'évolution du couvert végétal ne répondent qu'à des fluctuations aléatoires, il s'établit entre la végétation et le milieu un état d'équilibre stationnaire se traduisant par une structure de végétation, une diversité floristique et une production élevées. Lorsque l'un des facteurs, qui agissent sur la dynamique du couvert végétal, subit une modification importante (perturbation climatique telle que la sécheresse prolongée), l'équilibre est rompu et après une période de transition, un nouvel état d'équilibre se crée autour d'un nouvel état stationnaire avec une structure de végétation. Dans des milieux anthropisés, le retour à l'état d'équilibre (régénération) nécessite un cheminement beaucoup plus

long suite aux faibles capacités de stabilisation du système (propriétés et agencement, pauvreté du milieu).

2.2-5- Indicateurs de l'état de dégradation d'un écosystème

La végétation de la zone aride de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient constitue un cadre particulier pour l'étude des successions, car à la différence des zones arides d'Amérique du Nord ou d'Australie, l'influence de l'homme y est ancienne et est actuellement très forte.

Après une dizaine d'années de fonctionnement, le réseau ROSELT/OSS a pu valider des indicateurs de l'état de dégradation des terres et de la biodiversité et de mettre en place des méthodologies de collecte et de traitement harmonisées des données. Les indicateurs de suivi de la désertification qui ont été validés (OSS,2008) et qui constituent le kit minimum d'indicateurs sont les suivants :

- les changements physiologiques ;
- les modifications d'occupation des sols
- le recouvrement de la végétation
- la phytomasse
- la composition floristique
- la richesse spécifique
- les types biologiques.

2.2-6- Conclusion

En guise de conclusion, on peut dire que la dynamique de la végétation des écosystèmes arides de la région MENA est caractérisée par les traits suivants :

- évolution progressive et rapide à court terme si l'on supprime les facteurs de perturbation liés à l'homme;
- évolution progressive et lente liée aux conditions bioclimatiques (évolution d'autant plus lente que le milieu est plus aride);
- faible résilience des systèmes écologiques qui dépassent le seuil d'irréversibilité en raison des fluctuations climatiques; la faible biomasse, la rareté de la litière, l'absence de report des réserves hydriques d'une année sur l'autre, font que les systèmes ont une faible inertie et un faible pouvoir tampon;
- forte stabilité ou résilience à moyen terme des communautés végétales peu dégradées due à des adaptations propres aux espèces des zones arides qui se caractérisent par une recolonisation rapide (bonne élasticité) et à la nature du spectre biologique des communautés végétales. La forte contribution des espèces à affinité écologique « chaude » comme les espèces sahariennes et tropicales donne une grande flexibilité à ces communautés face au changement climatique.
- régression rapide du couvert végétal, si la pression humaine est très forte (labour, surpâturage et cueillette du bois).

3. Principales caractéristiques des espèces végétales des zones arides

Dans les zones arides, les rigueurs climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie. Ces adaptations aux conditions du milieu et leurs mécanismes ont été décrits dans tous les groupements végétaux (Frontier et *al.*, 2004). Elles recouvrent les régulations physiologiques et morphologiques qui permettent aux plantes de s'adapter à une alimentation en eau déficitaire s'opérant à différentes échelles.

Dès qu'un déficit hydrique apparaît, la plante ajuste, rapidement et de façon réversible, les flux d'eau qui la traversent par la fermeture des ses stomates (petits orifices des feuilles, qui règlent les échanges gazeux entre plante et atmosphère).

Des déficits hydriques plus longs induisent des changements plus irréversibles, notamment de morphologie (réduction des surfaces d'évaporation). Dans les situations de sécheresse très longue et sévère, cette réduction peut devenir complète (Scheromm, 2000).

On sait en particulier que chez les plantes, le rythme des modifications saisonnières (dit rythme phénologique) est calqué sur le rythme saisonnier prévalant dans la région, et principalement le rythme de l'aridité atmosphérique (Ramade, 2003 ; Frontier et *al.*, 2004).

3.1-Notion de type biologique

Les types biologiques sont considérés comme une expression de stratégie d'adaptation de la flore aux conditions du milieu et représentent selon Dahmani (1996), un outil privilégié pour la description de la physionomie de la végétation.

Ces types ont été établis par RAUNKIAER pour les végétaux des régions tempérées où la saison défavorable est la saison froide. Mais ils peuvent être appliqués aux végétaux des régions où la saison défavorable est la saison sèche (Dajoz, 2003).

Les types biologiques ont pour intérêt d'organiser tous les végétaux selon le positionnement des organes de survie (méristème, croissance) de la plante durant la période défavorable. On distingue deux catégories :

- **espèces annuelles ou thérophytes** qui passent la mauvaise saison sous forme de graine ;
- **espèces vivaces ou pérennes** : Persistance d'une partie de l'appareil végétatif pendant la mauvaise saison.

La deuxième catégorie est divisée en classes :

- 1- phanérophyte : bourgeons dormants aériens à plus de 50 cm de la surface du sol. Il s'agit d'arbres et de buissons ;
- 2- chamaephyte : bourgeons dormants aériens à moins de 50 cm de la surface du sol ;
- 3- hémicryptophyte : bourgeons dormants à la surface du sol. Les hémicryptophytes cespiteux qui forment des grosses touffes sont surtout des graminées et des cypéracées ;
- 4- géophyte : bourgeons dormants sous la surface du sol. Se sont des plantes vivaces à bulbe ou rhizomes souterrains ;

Les proportions de ces différents types biologiques déterminent ce qu'on appelle le spectre biologique et représentent une « intégration » de l'action des facteurs climatiques sur une longue période de temps (Dajoz, 2003 ; Ramade, 2003 ; Frontier et *al.*, 2004).

3.2-Espèces arido-passives et espèces arido-actives : signification écologique de leur état dynamique

Si toutes les annuelles (Thérophytes) sont par définition des arido-passives, les espèces pérennes quant à elles, ne sont pas toujours arido-actives .

L'évolution des proportions de ces deux catégories dans les peuplements végétaux des zones sèches pourrait renseigner sur la vulnérabilité et/ou la capacité de résilience des écosystèmes face à l'aridité et par conséquent au changement climatique. La régression des arido-actives pourrait traduire une tendance à l'aridification.

Les espèces adaptées à la sécheresse sont qualifiées de végétaux xérophiiles ou xérophytes, elles se caractérisent par diverses adaptations.

3.3-Adaptation morphologique et anatomique des plantes à l'aridité

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui tend à réduire sa surface transpirante (surface foliaires, épaissement des cuticules), mais qui induisent également une baisse de sa production (Scheromm, 2000).

La plupart des plantes en zones arides sont porteurs de feuilles minuscules ou même sont complètement aphyllés, parfois les feuilles sont transformées en épines (Ozenda, 1977) pour constituer des réserves en accumulant l'eau dans les tissus (feuilles crassulescentes). Certaines espèces réduisent leur surface transpirante en période sèche en perdant une partie de leurs feuilles ou même de leurs tiges au cours de la saison sèche (*Retama, Calligonum...*)

- **Adaptation physiologique :**

Cette forme d'adaptation se traduit par une réduction du cycle végétatif avec de longues périodes de dormance estivale ou hivernale (Ozenda, 1977). Parfois la plante passe la saison sèche à l'état de bulbe ou de rhizome charnus ou encore de graines (Thérophytes) (Dajoz, 2003).

- **Augmentation du rapport parties souterraines/ parties aériennes :**

Ce rapport est toujours supérieur chez les plantes stressées, en raison du développement important du système racinaire, aussi bien en surface qu'en profondeur grâce à des racines pivotantes. Un tel comportement semble traduire un phénomène d'adaptation à la sécheresse et un potentiel important de séquestration du carbone.

A ces adaptations, classiques dans les régions sèches et destinées à pallier l'insuffisance du bilan hydrique, s'ajoutent des adaptations spécifiques liées à la présence de conditions stationnelles particulières. C'est ainsi que certaines espèces augmentent dans leurs tissus le taux de Na^+ , Cl^- et Mg^{++} aux dépens de Ca^{++} et K^+ : *Atriplex halimus*, *Suaeda mollis*, *Zraganum nudatum*, etc. D'autres espèces halophiles comme les graminées, paraissent s'adapter en limitant les accumulations de sels minéraux (Pouget, 1980) mais en augmentant la synthèse de solutés organiques (Proline, Glycine, Sucres solubles, etc.).

4. Potentialités productives des écosystèmes forestiers des zones arides

Phytomasse et production primaire

La phytomasse aérienne correspond au poids du matériel végétal, vivant ou non, présent au dessus de la surface du sol, par unité de surface et à un instant donné. Elle est exprimée en KgMS/ha.

La mesure de la phytomasse est essentielle pour évaluer le potentiel séquestration du carbone d'une formation végétale déterminée.

La production primaire, qui varie en fonction de différents paramètres de production (température, pluviosité, sol...), ainsi que la productivité d'un couvert végétal ne peuvent être évaluées qu'à travers un suivi périodique de la phytomasse.

Quelques données sur la production primaire des écosystèmes arides

Dans les zones arides et désertiques, la production aérienne de la végétation naturelle est faible et très variable selon les systèmes écologiques considérés. Par exemple, FLORET et PONTANIER (1982) montrent que les steppes des zones gypseuses n'ont jamais produit plus de 350 Kg MS/ha/an alors que les pelouses des fonds alluviaux ont atteint 2250 Kg MS/ha/an. Plus il y a de plantes pérennes dans un système, plus la production aérienne est étalée dans l'année. LIETH et WHITTAKER (1975) donnent une fourchette de production allant de 100 à 2500 kg MS/ha, avec une moyenne de 700 kg, pour des formations végétales des zones arides du globe.

Aux Etats-Unis, sous 270 mm de pluviosité moyenne annuelle, PEARSON (1965) a mesuré la production d'une formation désertique à *Artemisia tridentata* et *Stipa comata* ; une zone pâturée régulièrement (phytomasse sur pied 2570 kg/ha) produit 975 kg/ha/an, et une zone mise en défens depuis onze ans (phytomasse sur pied 3724 kg/ha) produit 1228 kg/ha/an.

LE HOUEROU et *al.*, (1975) citent diverses mesures effectuées en Algérie dans le Hodna (Maile-Dialem, 230 mm) avec des productions allant de 150 à 500 kg MS/ha/an. LEBLOIS et VAN DAMME (1971), dans la région de Messad (150-200 mm) en Algérie mesurent des productions de 200 à 600 kg/MS/ha/an, après 2 ans de mise en défens et une saison pluvieuse.

RODIN et *al.*, (1979), dans la région de Médéa (Algérie) et pour des précipitations de 200 à 300 mm, ont observé des productions de parcours inférieures à 250 kg MS/ha/an. Toutes ces mesures réalisées en Algérie, l'ont été dans des régions froides, et il n'est pas étonnant que les productions y semblent en moyenne plus faibles.

NEDJRAOUI (1981), sur une steppe à *Artemisia herba-alba* de la région de la Wilaya de Saïda en Algérie, dont la phytomasse épigée était de 900 kg MS/ha, donne des productions (sur 2 années), comprises entre 300 et 500 kg MS/ha/an.

AYYAD (1977-1981) en Egypte, avec 150 mm de pluie moyenne annuelle, dans une communauté végétale dégradée dominée par *Thymelaea hirsuta* et *Asphodelus microcarpas*; relève des productions allant de 300 à 500 kg/ha/an pour une phytomasse très élevée (supérieure à 3500 kg/ha).

Toutes les études de productivité des écosystèmes arides et semi-arides montrent que celle-ci, qui est affectée par les précipitations, dépend aussi de l'état dynamique de l'écosystème. Une méthode efficace pour évaluer celle-ci consiste à utiliser le concept d'efficacité d'utilisation de pluie RUE (Le Houérou & Hoste, 1977; Le Houérou, 1984; Le Houérou et *al.*, 1988). La valeur moyenne mondiale de 1000 paires de données précipitations / production, est de 4 kg MS/ ha/ an / mm avec des valeurs extrêmes de 0,1 et 10 et une erreur standard de 0,5.

La productivité, exprimée en CEP (coefficient d'efficacité pluviale (=RUE, Rain Use Efficiency) peut atteindre 10 kg MS épigée/ha/an/mm dans les steppes en bon état et descendre à 0,1 – 1,0 dans les zones dégradées. La moyenne est de 3 kg MS ha⁻¹ an⁻¹ mm⁻¹. La productivité par unité

d'eau disponible est donc fonction non seulement de l'aridité, mais aussi du fonctionnement des écosystèmes et de leur état d'équilibre.

D'après Le Houérou (2004), chaque pour-cent de recouvrement permanent correspond, en moyenne, à 43 kg de biomasse pérenne par hectare. Cette correspondance entre recouvrement et biomasse varie, bien entendu, dans de larges proportions en fonction du type de steppe considéré et de son état dynamique. Dans beaucoup de cas, par suite de la dégradation, la biomasse pérenne est réduite à 200-300 kg et le taux de recouvrement permanent à 5-6%.

Une augmentation de l'aridité ne se traduit pas donc nécessairement par une diminution de la productivité par unité d'eau disponible si cette augmentation est compensée par une meilleure gestion et un écosystème plus sain, plus équilibré et plus efficace.

Une autre notion utile pour évaluer la productivité, la dégradation des parcours et la désertification est le rapport production/ variabilité de la pluie (PRVR). Ceci est le quotient entre le coefficient de variation de la production annuelle et le coefficient de la variation des précipitations annuelles (Le Hou'rou et al, 1988; Le Hou'rou, 1992b). dans les parcours non dégradés, ce coefficient varie entre 1,2 et 5 (notamment dans les dépressions, PRVR peut descendre en dessous de 1). La production primaire annuelle est donc 20-50% plus variable que la pluviométrie annuelle. Dans les parcours dégradés ce coefficient varie entre 2 et 3 et dans des conditions désertiques, il peut être supérieur à 5.

La variabilité de la production de la végétation naturelle est en rapport avec la répartition et l'intensité des pluies : pour une même valeur de pluie annuelle, la production peut facilement varier de 1 à 3. L'eau des faibles pluies est en effet immédiatement reprise par évaporation, alors que l'eau des trop fortes pluies est perdue par ruissellement.

Retenons aussi que, si l'on relève une relative proportionnalité entre la pluie et la production jusqu'à des précipitations un peu supérieures à la moyenne annuelle, il n'en est plus de même au-delà, ce qui montre bien que l'eau n'est pas le seul facteur limitant de la production.

Lorsqu'un milieu est désertifié non seulement sa production globale diminue de manière spectaculaire, mais la variabilité de cette production augmente de trois à cinq fois. Ceci est l'une des différences les plus remarquables entre les impacts de la sécheresse (effet du climat) et de la désertification (effet de l'Homme).

Les études effectuées sur les écosystèmes des zones arides montrent que des dizaines d'espèces constituent la presque totalité de la phytomasse sur pied des terrains de parcours, ce qui témoigne de possibilités d'adaptation très importante de la végétation à des conditions de milieu très diversifiées et très variables.

Les facteurs de la production végétale en zone aride sont évidemment relatifs au climat et au sol ; mais l'efficacité du matériel végétal est également un facteur très important à prendre en compte pour prédire la production primaire au niveau d'un site déterminé. Ainsi, il apparaît clairement que, moins il y a de plantes pérennes dans un système, plus la production est variable entre les années. La géomorphologie et la nature du sol ont également une influence très importante sur la variabilité de la production par le fait qu'elles déterminent le bilan hydrique du sol.

La comparaison entre les types biogéographiques à affinité écologique « humides » comme ceux des espèces méditerranéennes ou européennes et ceux à affinité écologique « chaude » comme

les espèces saharo-sindiennes est d'une grande importance pour comprendre l'évolution de la végétation et pour prédire ses potentialités productives et adaptatives face au changement climatique. Ce rapport peut nous aider non seulement à comprendre la part éventuelle du climat dans la migration des flores mais aussi à prédire les chances d'adaptation des différentes espèces au changement climatique. En effet, et sous l'effet de l'aridification du milieu, les régions septentrionales, traditionnellement peuplées d'espèces méditerranéennes, seraient progressivement envahies par les espèces sahariennes.

D'après certaines études (OSS, 2008) une diminution très importante des méditerranéennes qui passent de 46.58 % à 25.37%, a été observée dans certains observatoires mis en place au niveau de la région ce qui pourrait traduire une aridification du climat. Au niveau des formations végétales des zones arides et désertiques de la région MENA, la forte contribution de l'élément Méditerranéen et tropical dans la constitution du couvert végétal est nettement perceptible, avec une faible présence des éléments Endémiques. Selon Le Houérou (1995), parmi les 2630 espèces végétales vasculaires présentes dans les steppes maghrébines, 60 % sont des espèces d'affinité méditerranéenne et 30 % d'affinité tropicale. Il y a donc intérêt à conserver aux formations végétales naturelles leur structure originelle constituée par la juxtaposition de grands Chaméphytes (parfois de petits Phanérophytes), de petits Chaméphytes, d'Hémicryptophytes et de plantes annuelles. Cette structure est parfaitement "adaptée" car elle permet à la végétation de tirer parti au mieux de la répartition des pluies dans le temps : si les pluies du printemps sont fréquentes et peu abondantes, les espèces annuelles et les petites espèces pérennes assureront la production. Si une grosse pluie humidifie le sol en profondeur, les grandes espèces pérennes prendront le relais ; la production peut être ainsi étalée jusqu'à l'été, après la pousse printanière des annuelles.

5. Rapport phytomasse souterraine/ phytomasse aérienne

Sur les Hauts Plateaux d'Algérie, avec une pluviosité annuelle moyenne de 330 mm, RODIN et al., (1972) donnent des chiffres importants pour la production d'une steppe à *Artemisia herba-alba*, espèce qui représente 75 % de la phytomasse aérienne ; la phytomasse totale est de 4185 kg/ha et la phytomasse aérienne de 1367 kg/ha ; la production totale est de 1770 kg/ha/an et la production de la partie aérienne de 1168 kg/ha/an. Les mêmes auteurs ont également étudié une steppe à base d'*Artemisia sieberi* au Nord du désert syrien, sous 123 à 190 mm de pluviosité annuelle, plus froide en hiver et plus sèche en été que la steppe algérienne précédente ; la phytomasse totale était de 6100 kg MS/ha et la phytomasse aérienne de 2635 kg/ha ; la production est de 2380 kg MS/ha/an dont un peu plus de la moitié pour la partie aérienne. Ces données montrent que dans les deux steppes étudiées, la part de la phytomasse souterraine est beaucoup plus importante que celle de la phytomasse aérienne. C'est ainsi qu'au niveau de la steppe algérienne la phytomasse souterraine était deux fois plus importante que celle de la phytomasse aérienne. Dans la steppe syrienne la phytomasse souterraine représente 57% de la phytomasse totale.

Ces valeurs sont très importantes à prendre en compte lors du calcul de la capacité de séquestration de carbone dans les écosystèmes forestiers des zones arides qui présentent un grand potentiel de séquestration du carbone, qui de l'avis de certains auteurs, pourrait atteindre environ 1 milliard de tonnes de carbone par an. Ce potentiel est d'autant plus important à considérer que le temps de séjour du carbone dans les sols des zones arides est parfois plus long que dans les sols forestiers des zones humides.

Annexe 2

Présentation de l'approche SLA

Extrait de l'article Sghaier et al (2015)

Sustainable Livelihoods Approach (SLA): SLA is an analytical framework that helps to understand the factors that influence the ability of people to achieve sustainable development in a particular circumstance.

SLA approach looked into the complex range of assets and activities on which people depended for their livelihoods (Dearden et al., 2002; Karl et al., 2002; Norton and Foster, 2001).

The livelihood framework is based on five capital assets upon which livelihoods are built. The SLA is based on five assets; social, human, physical, financial and capital. Indeed enhancing capital assets is a way for improving people's livelihood outcomes (Baumann, 2002).

Several studies have used SLA approach to analyse land management policies and poverty causes. Samsudin and Kamaruddin (2013) used (SLA) to analyze the distribution of the livelihood assets among the hardcore poor in Mukim (sub-district) Kupang, Kedah. Total of 150 poor households have been interviewed. Results showed that, on average, the possession of natural asset among the hardcore poor was the lowest as compared to physical, financial, social and capital assets. Finally this study suggested that emphasis should be given to the possession of natural and human assets among the hardcore poor, rather than highly relying on financial assistance policies. Hinojosa (2013) analysed changes in rural livelihoods associated with the expansion of mining in the Andes. Author argued that institutions governing land and water rights play a significant role in the power relationships between companies and communities. He suggests a role for social policy and corporate social responsibility in supporting positive and sustainable changes of rural livelihoods.

Encadré 2 : Définitions et concepts de base (IPCC, 2000)

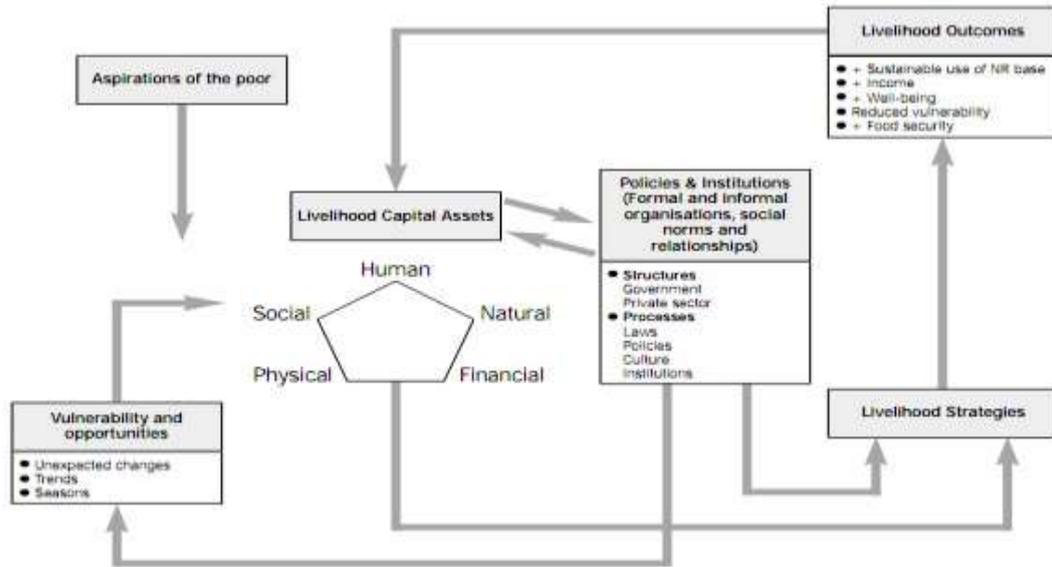
Vulnérabilité : Mesure dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

Sensibilité : Proportion dans laquelle un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat. Ces stimuli englobent tous les éléments liés aux changements climatiques, dont les caractéristiques climatiques moyennes, la variabilité du climat, la fréquence et l'ampleur des extrêmes. Les effets peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

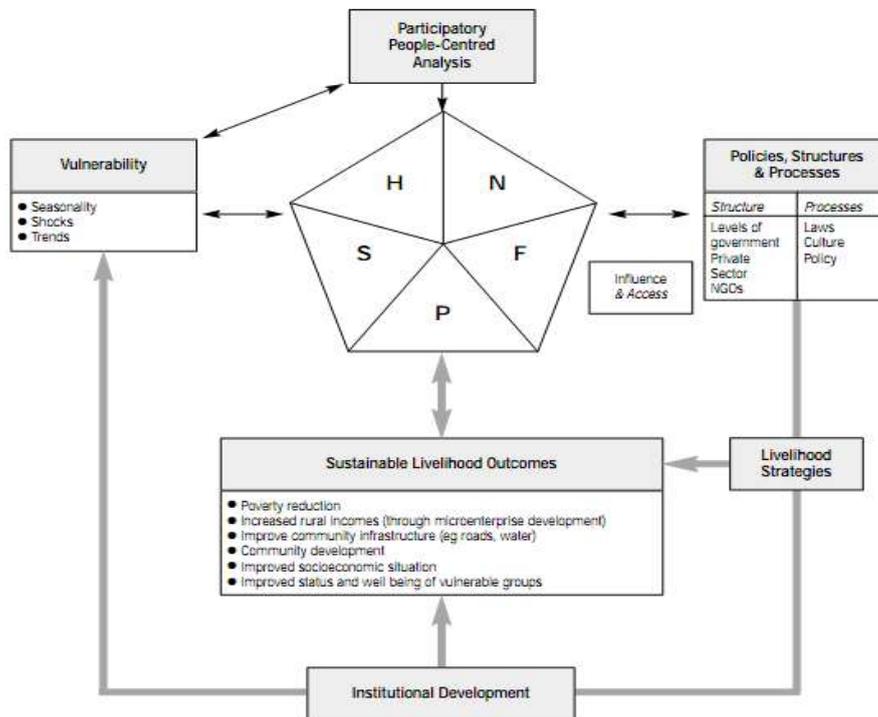
Capacité d'adaptation : Capacité d'un système de s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes), de façon à atténuer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes et à faire face aux conséquences.

Annexe 3

Exemples d'application de l'approche SLA



Brazilian SL Framework (Source: Carney Diana, 2002)



Agrisystems Sustainable Livelihoods Framework (Source: Carney Diana, 2002)

Annexe 4

Contexte de vulnérabilité environnementale dans les pays de la région MENA en utilisant l'exemple de Ouarzazate / Maroc

Aspects	Description
Le changement climatique	Le bassin du Draa appartient aux dix bassins versants les plus arides du monde et a subi régulièrement de sécheresses durables dans le passé. Dans l'avenir, les capacités des précipitations plus élevées avec une diminution de 20% des précipitations provoquant une baisse drastique de la décharge de surface et le réservoir d'eau de recharge, les taux d'évaporation élevés avec des sécheresses et des inondations plus marquées devraient se produire dans la région.
La dégradation des terres	Les conditions climatiques défavorables et la croissance démographique ont mis des pressions élevées sur les sols de la région et a conduit à l'érosion, la salinité et diminué la fertilité des sols.
La sédimentation	L'envasement du barrage le plus important de la région en raison de l'érosion des sols causée par le surpâturage, de mauvaises pratiques agricoles et le changement climatique rend la capacité du barrage insuffisant pour répondre aux besoins en eau de la population.
La qualité d'eau	Des niveaux élevés de salinité dans les eaux souterraines vont nuire à la qualité de l'eau dans le bassin du Drâa autour de Ouarzazate en particulier pendant l'été.
La pénurie d'eau et la disponibilité, conflits de l'eau	La population en croissance rapide dans la région met la pression sur la quantité et la disponibilité de l'eau potable. La consommation de l'eau potable en concurrence directe avec l'utilisation de l'eau pour la production agricole et industrielle entraînant l'exploitation des réservoirs d'eau souterraine et la baisse des nappes phréatiques. Surtout les personnes vivant dans les zones rurales de Ouarzazate sont les plus touchés par ce stress.

Source: Schinke & Klawitter (2011).

Annexe 5

Tableau synoptique décrivant les principales approches d'analyse de vulnérabilité

Approches	Source principale	Echelle	Analyse de vulnérabilité focalisée davantage sur le livelihoods, les écosystèmes ou combinée	Application dans la région MENA	Avantages	Difficultés
Approche "Sustainable Livelihoods Framework" SLA	DFID (UK department for international development)	Locale, régionale	Livelihoods, écosystèmes ou combinée	Région MENA, Egypte, Maroc, Jordanie, Tunisie	<p>Approche d'aide à la décision</p> <p>Mobilisation et engagement des acteurs</p> <p>Approche opérationnelle d'évaluation et de planification stratégique</p> <p>Approche multi scalaire</p> <p>Approche expérimentée par diverses organisations internationales et nationales</p>	<p>Processus nécessitant du temps</p> <p>Nécessaire mobilisation des acteurs concernés</p> <p>Nécessite la disponibilité d'une base large de données et informations</p> <p>Nécessite la génération de données secondaires à différents niveaux</p> <p>Demande des capacités et des compétences de haut niveau</p>
Approche d'analyse de la vulnérabilité du projet LADA/FAO	LADA/FAO	Locale, régionale	Livelihoods et écosystèmes	Région MENA, appliquée en Tunisie, planifiée en Egypte, Maroc, Jordanie,	<p>Approche efficace au niveau local</p> <p>Approche SLA combinée au cadre analytique DPSIR/FPEIR Ecosystems Services (ES)Approche participative</p> <p>Approche accessible utilisant des outils participatifs de terrain</p> <p>Approche d'aide à la décision</p> <p>Mobilisation et engagement des acteurs</p> <p>Approche opérationnelle d'évaluation de la dégradation des terres</p> <p>Approche expérimentée par la</p>	<p>Nécessite une formation des acteurs impliqués</p> <p>Nécessaire mobilisation des acteurs concernés</p> <p>Nécessite la génération de données secondaires à différents niveaux</p>

					FAO dans divers contextes	
Méthodologie du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)	GIEC	Locale, régionale, nationale et internationale	Evaluer les impacts et les besoins d'adaptation	Région MENA	<p>Approche efficace pour évaluer l'impact du CC</p> <p>Approche d'aide à la décision</p> <p>Approche expérimentée par diverses organisations internationales et nationales</p>	<p>Nécessaire mobilisation des acteurs concernés</p> <p>Nécessite la disponibilité d'une base large de données et informations</p> <p>Nécessite la génération de données secondaires à différents niveaux</p> <p>Demande des capacités et des compétences de haut niveau</p>
Méthodologie du PNUE pour l'évaluation de la vulnérabilité au CC	PNUE	Locale, régionale	Adaptation au cc, livelihoods et écosystèmes		<p>Approche d'analyse d'impact par les scénarios :</p> <p><u>scénarios climatiques</u>, <u>scénarios socio-économiques</u> et <u>scénarios biophysiques</u> et <u>environnementaux</u></p> <p>Approche efficace pour évaluer l'impact du CC</p> <p>Approche d'aide à la décision</p> <p>Approche expérimentée par diverses organisations internationales et nationales</p> <p>internationales et nationales</p>	<p>Nécessaire mobilisation des acteurs concernés</p> <p>Nécessite la disponibilité d'une base large de données et informations</p> <p>Nécessite la génération de données secondaires à différents niveaux</p> <p>Demande des capacités et des compétences de haut niveau</p>
Approche (CI:GRASP/GIZ) d'analyse de la vulnérabilité au CC	GIZ/PIK	Locale, régionale, nationale et internationale	<p>Livelihoods et écosystèmes</p> <p>Evaluer les impacts et les besoins d'adaptation</p>	Tunisie	<p>Approche opérationnelle pour évaluer l'impact du CC</p> <p>Approche multi scalaire</p> <p>Approche expérimentée par la</p>	<p>Processus nécessitant du temps</p> <p>Nécessaire mobilisation des acteurs concernés</p> <p>Nécessite la disponibilité d'une</p>

					GIZ et PIK dans divers contextes	base large de données et informations Nécessite la génération de données secondaires à différents niveaux Demande des capacités et des compétences de haut niveau
--	--	--	--	--	----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Annexe 6

Description sommaire du contexte de vulnérabilité des pays MENA

Jordanie

Avec une population de 6,5 millions, la Jordanie est l'un des plus petits pays de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA). Avec un revenu brut par habitant de 4350 US\$ (2010), la Jordanie est maintenant officiellement classée par la Banque mondiale comme un pays à revenu moyen supérieur, passant de son classement 2009 en tant que pays à faible revenu intermédiaire.

De même, le taux de mortalité infantile est de 22 pour 1000 naissances vivantes, contre 27 dans les pays de la région MENA. 88% de la population de la Jordanie a accès à une source d'eau améliorée (par rapport à 86% dans les pays de la région MENA).

Dans les zones rurales, seulement 10,7% des femmes sont employées avec seulement 1% d'entre eux travaillent dans l'agriculture.

Le chômage chez les ressortissants jordaniens est resté obstinément élevé, oscillant entre 12,5 et 14,5% au cours de la dernière décennie.

Le secteur de l'agriculture en Jordanie n'est pas important, ce qui représente actuellement environ 3% du PIB (contre 14% en Egypte et 17% en moyenne pour les pays à revenu faible et intermédiaire) et emploie moins de 3% de la population économiquement active du pays.

La Badia, qui représente l'écosystème aride en Jordanie, occupe environ 90% de la superficie en Jordanie, dispose d'une pluviométrie moyenne de 200 mm/an. Bien que traditionnellement utilisé pour le pâturage extensif, la Badia a récemment vu une augmentation substantielle et insoutenable en culture (céréales, légumes et arbres fruitiers) sous irrigation de puits profonds. Selon le Fonds hachémite pour la Jordanie de Badia, la population de la Badia est devenue de plus en plus sédentaire au cours des dernières années, au point où on estime que seulement 5% sont encore nomades. L'intensification résultant de l'élevage, avec augmentation de la production des cultures, pose une menace environnementale à cette zone.

La zone non irriguée en dehors de la Badia couvre 800.000 ha dans le semi-aride et le sub-humide avec une pluviométrie annuelle moyenne de 200 à 400 mm. Le blé est cultivé dans les zones à précipitations élevées alors que l'orge est plus indiquée dans les zones à faibles précipitations; les rendements sont souvent faibles en raison de l'irrégularité des pluies. Les arbres fruitiers, principalement les oliviers, mais aussi la vigne, les amandiers et les fruits à noyau, sont cultivés, généralement avec l'irrigation d'appoint.

La Stratégie nationale de développement agricole 2002-2010 définit trois axes pour soutenir et développer les zones rurales dans les régions montagneuses, la Badia et Ghor: i) la réalisation du développement durable de l'agriculture; ii) la réalisation de la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté dans les zones rurales grâce à l'utilisation optimale des ressources naturelles telles que le sol et l'eau; et iii) fournir des services financiers et de marketing pour les ménages ruraux agricoles.

Le Programme de restauration de la Badia (BRP) (géré par le ministère de l'Environnement) a été créé à partir de la rémunération reçue par la Jordanie de la communauté internationale pour les conséquences économiques néfastes de la guerre du Golfe.

Le dit programme est envisagé à long terme (20 ans) et vise à restaurer et à gérer les écosystèmes de façon durable avec la participation des communautés.

L'organisme chef de fil dans le secteur du développement de l'agriculture et des pâturages est le Ministre de l'agriculture (MDA) qui représente la principale institution chargée de réglementer le secteur agricole, sa croissance et son développement. Il joue un rôle important pour répondre aux besoins des populations rurales pauvres dans les deux régions des hauts plateaux et de la Badia. Agences étroitement liés au MDA, Le Centre national de la recherche et de vulgarisation agricoles (NCARE) constitue la principale agence du MDA intervenant dans ces zones. Deux autres ministères interviennent également en appui au MDA, le Ministère de l'Environnement et le ministère du Développement social.

Basé sur des enquêtes revenus et consommations des ménages les plus récentes menées par le Département des statistiques, environ 13% de la population a été estimée au-dessous du seuil de pauvreté moyenne nationale en 2008, ce qui représente une baisse importante d'environ 20% par rapport à la situation à la fin des années 1990.

L'indice de pauvreté est plus élevé dans les zones rurales (19%) que dans les zones urbaines (10%). Il varie considérablement d'une région à une autre, d'un maximum de 23% à Mafraq, 22% à Karak, et 19% à Tafileh à un minimum de 9,4% à Amman (figure 20). Cela pose un défi pour une stratégie de lutte contre la pauvreté en milieu rural.

Trois groupes principaux peuvent être distingués parmi les pauvres des zones rurales. Le premier est les petits éleveurs dans la Badia, nomades actuels ou anciens, pauvres comme conséquence de la diminution de leur cheptel en raison de la sécheresse, de la fermeture des frontières et la suppression des subventions de fourrages. Le deuxième groupe est composé de ménages de petits exploitants, qui dans le passé comptaient sur l'agriculture mixte, mais aujourd'hui il ne dispose que d'un petit bétail dont ils tirent une partie de leurs revenus à côté des céréales; leurs capitaux sont réduits. Le troisième groupe est constitué de ruraux pauvres sans terre, qui comptent essentiellement sur le travail salarié, aide de l'Etat, les pensions et les envois de fonds de l'émigration.

Les pauvres en Jordanie tirent leurs revenus provenant de sources diversifiées, constituées de l'emploi salarié (49% du revenu total), les transferts de revenus à partir de sources publiques et privées (28%) et l'auto-emploi (10%).

La Stratégie de réduction de la pauvreté en Jordanie (2002) a établi une feuille de route pour améliorer les possibilités d'éducation, de santé et d'emploi pour les pauvres. Dans le cadre de cette stratégie, le gouvernement Jordanien a mis en place un vaste dispositif de protection sociale à multiples facettes: (i) des subventions pour les denrées alimentaires de base, (ii) la santé publique bien développé et un système d'éducation accessible aux pauvres, et (iii) un programme de transfert de fonds au titre du Fonds national d'aide (NAF) pour fournir des subventions en espèces (actuellement 33 DJ par personne et par mois) aux pauvres et aux défavorisés, y compris les personnes handicapées.

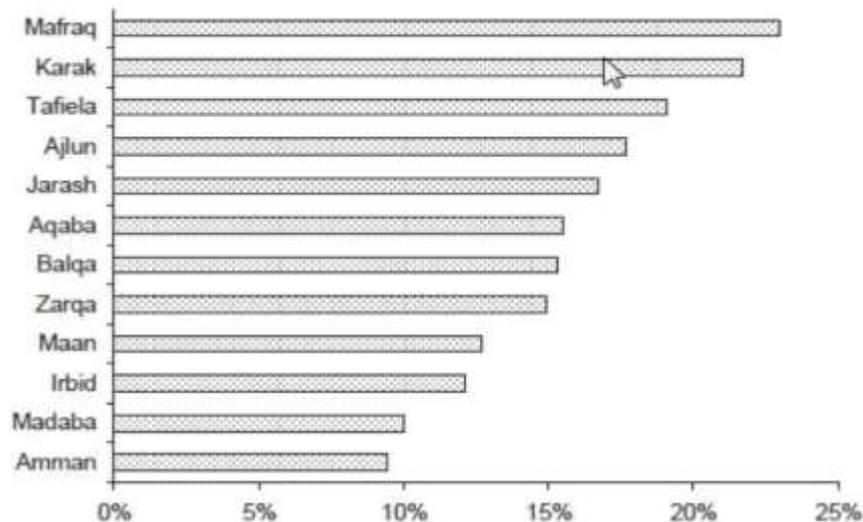


Figure 43. Taux de pauvreté par gouvernorat en Jordanie (% de la population pauvre, 2006) Source : IFAD (2014)

Maroc

La sécheresse : la province d'Ouarzazate a été particulièrement touchée par la sécheresse au cours des années 1970, début des années 1980, et les années 1990 au début du 21^{ème} siècle. Selon les projections climatiques, la tendance de l'augmentation des températures et la baisse des niveaux de précipitations augmentera sensiblement le risque et la durée des sécheresses à l'avenir.

Les tendances économiques : la tendance observable la région d'Ouarzazate est le déclin économique global. La région se caractérise par sa grande vulnérabilité économique, y compris la pauvreté, le chômage et la baisse des rendements agricoles dus aux défis environnementaux. Dans les zones rurales, qui étaient historiquement plus dépendante des activités agricoles, la sécheresse durable a une forte influence sur ces tendances.

La pauvreté : elle est élevée dans les zones rurales du Maroc, avec 15% de la population marocaine vivant en dessous du seuil de pauvreté. Dans la province d'Ouarzazate, trois familles sur quatre vivent en dessous du seuil de pauvreté. Le surpâturage, la surexploitation des ressources en eau, et d'autres activités dégradantes de sol peuvent être considérés comme une conséquence de la pauvreté.

Le chômage : le taux de chômage au Maroc est élevé, surtout chez les jeunes. Le taux de chômage dans la province de Ouarzazate est d'environ 3,9% (10,4% dans les zones urbaines, et de 1,7% dans les zones rurales), et en moyenne 54,3% de la population active (42,8% dans les zones urbaines et 60% dans les zones rurales). Ce chiffre masque de nombreuses réalités, comme le travail non rémunéré effectué par les membres de la famille dans les zones rurales et les emplois temporaires dans les villes.

La perte de rendement : les effets des changements climatiques sont susceptibles d'entraîner une diminution de la production agricole primaire dans certains pays africains à hauteur de 50% d'ici 2020. Considérant que de nombreux pays africains comptent considérablement sur l'agriculture comme la source la plus importante du revenu national et de l'emploi, cette diminution de la production pourrait avoir de graves effets sur la croissance économique et de réduction de la pauvreté. Le Maroc pourrait être parmi les pays avec une prévision de réduction de 39% de la productivité agricole moyenne 2003-2080.

Perte de revenu agricole : la baisse des rendements se traduirait par une baisse des revenus. En effet, une réduction de 20% de la moyenne des précipitations diminuerait le revenu total du pastoralisme par 15-37% au Maroc. Le même scénario, cependant, montre également que l'augmentation de la part de la zone de pâturage et de fourrage utilisé pour le pastoralisme mobile permettrait de réduire les impacts potentiels de la sécheresse dans le revenu total de 11%.

Egypte

La population de l'Egypte est estimée à 81 millions avec un revenu brut par habitant estimé à 2,980 US \$ en 2012. Celui-ci a augmenté d'environ 141% entre 1980 et 2012.

Le climat dans le pays est aride avec des précipitations très faibles. Le Nil est la source principale et presque exclusive des eaux de surface pour l'Egypte. L'agriculture dépend exclusivement sur le Nil et consomme 77 pour cent de son approvisionnement en eau annuel. L'efficacité de l'eau est faible en raison des pertes d'eau.

L'efficacité d'adduction d'eau est estimée à 70% et le rendement moyen des systèmes d'irrigation sur le terrain est estimé à seulement 50%. Les systèmes de distribution et de gestion de l'eau ont été partiellement et inefficacement décentralisés. Le pays est déjà en situation de pauvreté grave d'eau. La situation ne risque pas de s'améliorer d'autant plus que le changement climatique et la croissance démographique se combinent pour augmenter les risques d'approvisionnement en eau insuffisantes.

L'agriculture est un secteur clé de l'économie égyptienne, constitue des moyens de subsistance pour 55% de la population et emploie directement environ 30% de la population active. Bien que la contribution du secteur au PIB a diminué au fil du temps, il représente encore environ 13% du PIB.

L'agriculture en Egypte fait face à des contraintes critiques dont l'extrême pénurie de terres et de l'eau. La situation risque de s'aggraver sous l'effet du changement climatique et de la croissance démographique et qui risquent d'accroître la pression les ressources naturelles limitées. Il ya un besoin critique en Egypte pour développer de nouveaux domaines de croissance et de règlement pour attirer les gens dans les anciennes terres surpeuplées et de leur fournir une occasion de croissance productive et la diversification des moyens de subsistance.

Pour stimuler cette croissance, le gouvernement a donné accès à de nouvelles terres et de logements populaires pour les chômeurs diplômés et les petits exploitants déplacés de terres anciennes. Alors que le gouvernement a investi des ressources considérables sur les infrastructures, le manque d'organisations paysannes pour faire fonctionner correctement et maintenir ces investissements a conduit à leur détérioration. Ces zones manquent également d'accès à une gamme de services sociaux et des services productifs essentiels pour la croissance et le développement des communautés rurales. Il ya un manque d'accès aux marchés conduisant à abaisser les profits des agriculteurs. Les zones nouvellement installés ont été incapables d'attirer le secteur privé et souffrent encore du manque d'accès aux services financiers et de marketing (FIDA 2014).

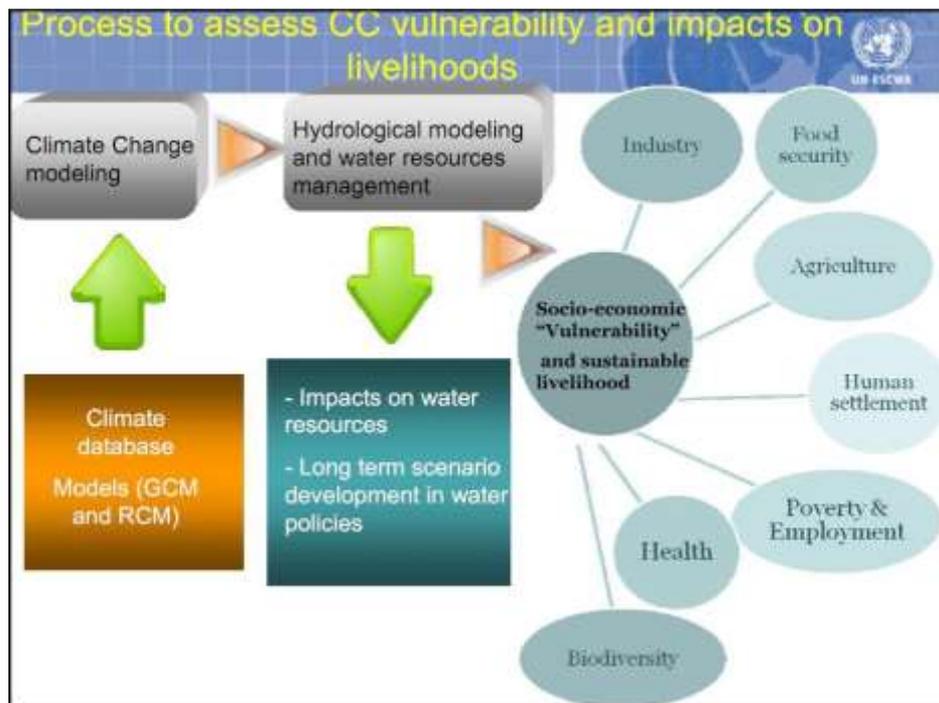
Tunisie

L'analyse du contexte en Tunisie est focalisé sur deux cas : les régions de Kasserine et de Médenine. Le choix de la région de Kasserine a été justifié par le fait qu'elle est représentative de l'état des ressources naturelles et du niveau de développement économique et social dans les régions environnantes. La région renferme un potentiel écologique et touristique important (parc national du djebel Chambi, vestiges romaines à Sbeïtla et Haidra, etc.). L'évaluation a été réalisée dans 4 sites

représentatifs des systèmes dominants d'utilisation des terres. Les sites d'évaluations sont localisés dans les aires d'évaluation locales (AEL) de Boufarwa (djebel Semmama), de Nfadh Lherma (Bassin de Kasserine), de Fej H'did (BV de l'oued Al H'tab) et de Oum Lagsab (Bassin de l'oued El Kbir) (FAO/LADA, 2010).

L'aire d'évaluation correspond à la haute steppe qui est une sous-région de la Tunisie centrale. Elle s'étend des piémonts sud de la dorsale (Jbels Chambi, Semmama et Mrhilla) au nord à l'oued El Kbir au sud. La zone couvre une superficie de 3300 km² dont 150000 ha de steppe d'alfa. Le gouvernorat a une superficie 826 km² et compte une population de 423000 habitants répartis en 49,5% de sexe masculin et 50,5% de sexe féminin. La population urbaine représente 39,8 % de la population totale contre 60,2 % pour population rurale. Le taux de croissance démographique est de 2,6 % et la densité est de 48 habitants/km². Le flux migratoire annuel est de 12500 personnes.

La distribution de la population montre un fort taux de dispersion (68,7%). L'intensité de l'occupation de l'espace rural est consécutive aux mutations socio-économiques (appropriation privée de la terre, extension de l'arboriculture et de la céréaliculture, mobilisation des ressources en eau) qui se sont accélérées au cours des dernières décennies, sous l'effet de la modernisation du genre de vie et de la sédentarisation (DG/ACTA-FAO, 2010).



Cadre analytique d'évaluation d'impacts du CC sur la vulnérabilité des moyens de subsistance (livelihood) Source : Sadek (2010)

Annexe 7

Mesures de renforcement des capacités d'adaptation au CC prises au niveau international

Axes d'intervention du cadre stratégique pour le développement et changement climatique (Banque mondiale, 2008)

- i. aider les pays parmi les plus vulnérables à se prémunir davantage contre les risques climatiques fournissant de nouveaux financements pour s'adapter au changement climatique ;
- ii. renforcer l'impact de ses opérations sur le développement en examinant : i) les risques climatiques pour les centrales hydroélectriques et aux autres grands projets d'infrastructures hydrauliques à longue durée de vie ; et ii) les opportunités d'améliorer l'efficacité énergétique, en commençant par les projets énergétiques ;
- iii. rendre effectif et opérationnel les Fonds d'investissement climatiques, le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone et le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions dues à la déforestation, tirer les enseignements de leur fonctionnement, et travailler avec d'autres acteurs pour améliorer le suivi des financements liés au climat et leur « caractère additionnel » ;
- iv. accompagner le développement du marché du carbone en investissant dans des actifs à plus long terme et des potentiels de réduction des émissions actuellement inexploités, dans l'amélioration de la valeur financière et de la qualité des actifs carbone, dans la mise au point de modalités de fonctionnement et dans le partage des acquis ;
- v. aider à personnaliser l'application des produits d'assurance contre les risques climatiques ;
- vi. favoriser des montages financiers associant ses produits de financement du développement aux instruments liés aux marchés carbone, aux instruments du Fonds pour l'environnement mondial et aux instruments des Fonds d'investissement climatiques ;
- vii. expérimenter de nouvelles initiatives de mise au point et de diffusion de nouvelles technologies énergétiques ;
- viii. faciliter un dialogue mondial par le lancement du Rapport sur le développement dans le monde relatif au changement climatique ;
- ix. renforcer les connaissances des clients et de ses services pour accroître leur capacité à analyser et gérer les synergies entre la promotion du développement et les interventions climatiques au niveau mondial, régional, national, sectoriel et des projets.

Par ailleurs la BM a prévu un programme de soutien aux plans d'action axés sur les Forêts, les moyens d'existence et le Climat à travers le programme REDD. L'initiative est totalement justifiée car le monde perd à peu près 13 millions d'hectares de forêts chaque année, dont une bonne partie dans les pays en développement situés en zone tropicale. On estime que la destruction de ces forêts ainsi que d'autres activités liées à l'usage des terres est la cause de 20 % des émissions annuelles de gaz à

effet de serre. Le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone (FCPF) créé sous l'impulsion de la Banque mondiale a pour objet d'accroître les capacités des pays à participer à un système d'incitations positives pour la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des sols (REDD) et à tester des paiements carbone dans plusieurs pays pilotes.

Selon les estimations établies, une réduction de 50 % du déboisement tropical (qui permettrait d'éviter 2,4 Gt d'émissions de CO₂ par an) implique des besoins de financement pouvant atteindre 15 milliards de dollars par an pour la REDD. Le FCPF encouragera des activités visant à promouvoir la « préparation » dans une vingtaine de pays, dont une grande partie sont situés en Afrique. Le Programme REDD pourrait être d'une grande utilité pour les pays du Bassin du Congo, mais un important effort de développement des capacités sera nécessaire. Le FCPF travaille déjà avec certains de ces pays afin de renforcer leurs capacités institutionnelles.

Exemple de projets financés par le FIDA dans les principaux pays de la région MENA/DELP
(source: www.ifad.org, www.ruralpovertyportal.org)

Nom du projet: Projet de gestion des ressources agricoles - Phase II : étant un pays semi-aride à développement rapide, avec seulement environ 7% des terres disponibles apte à la production agricole et à ressources naturelles limitées, la Jordanie fait face à de graves changements climatiques et à des défis environnementaux.

Le changement climatique devrait permettre de réduire la quantité et la qualité des ressources en eau du pays. Des températures plus élevées, avec des modèles de précipitations, diminueront la disponibilité des eaux de surface, avec des répercussions négatives sur l'agriculture.

En prévision de la future pénurie d'eau, un projet financé par le FIDA, maintenant dans sa deuxième phase, est de promouvoir le développement de plans d'action agro-écosystèmes, qui comprennent l'utilisation des technologies de collecte d'eau et la construction de hors ferme des installations de stockage de l'eau. Il soutient également les activités non agricoles génératrices de revenus pour renforcer la résilience des communautés rurales et de réduire leur vulnérabilité au changement climatique.

- ✓ Informations de contact: Omer Zafar, directeur du programme de pays, o.zafar@ifad.org
- ✓ Partenaires: Fonds de l'OPEP pour le développement international; Fonds pour l'environnement mondial (FEM)
- ✓ Durée: 2005-2015

Protection de l'écosystème au Maroc : le Maroc se compose presque entièrement des écosystèmes arides et semi-arides. Ces écosystèmes riches en diversité d'habitats et de l'hétérogénéité des espèces, sont d'une importance mondiale. Cependant, la pauvreté généralisée, la gestion inadéquate des ressources et la pression croissante sur les terres conduisent à la dégradation généralisée des terres, l'épuisement des ressources en eau, la perte d'habitats fauniques et une susceptibilité accrue à la sécheresse et le changement climatique. La deuxième phase d'un projet appuyé par le FIDA a permis d'accroître les revenus et à améliorer les conditions de vie des populations rurales pauvres dans la région de l'Est du pays. Il a également renforcé la capacité des organisations locales à adopter des approches participatives pour identifier et gérer les opportunités d'investissement dans les systèmes de production animale, de créer des liens avec les marchés potentiels et de diversifier les activités génératrices de revenus en améliorant l'accès aux services techniques, commerciaux et

financiers. Un don du Fonds pour l'environnement mondial favorable à l'introduction de technologies qui augmentent les niveaux de matière organique dans le sol et améliorer le stockage de carbone et la rétention d'eau des sols. Il a également renforcé la capacité des utilisateurs locaux des ressources naturelles pour s'adapter aux effets du changement climatique en développant l'alerte précoce et les stratégies d'adaptation pour la sécheresse et la diversification des activités génératrices de revenus.

- ✓ Nom du projet: Projet de développement de l'élevage et des parcours dans l'Est Région Phase II
- ✓ Prêt du FIDA de contact: Mounif Nourallah, directeur du programme de pays, m.nourallah@ifad.org
- ✓ Partenaires: Fonds pour l'environnement mondial (FEM)
- ✓ Don du FEM intégré (Fonds d'affectation spéciale): contrôle participatif des désertification et la pauvreté
- ✓ Réduction dans les zones arides et semi-arides haut plateau écosystèmes de l'est du Maroc
- ✓ FEM contact subvention: Rami Abou Salman, le climat régional et spécialiste en environnement,
- ✓ Durée du projet: 2004-2010

Marchés pour la séquestration du carbone au Maroc (subventions FIDA) : de nouvelles opportunités de marché pour les produits agricoles de grande valeur et les services liés à atténuation du changement climatique, tels que la séquestration du carbone, ouvrent à une vitesse record. Un projet multi-pays, financé par un don du FIDA, a été conçu pour assurer que les populations rurales pauvres, et les femmes en particulier, ont un meilleur accès aux, et la capacité de tirer parti de ces possibilités en plein essor. Le projet a examiné et évalué les activités existantes liées aux marchés du carbone au Maroc. Le secteur agricole marocain est responsable d'environ 42 et 75% des émissions totales du pays de méthane et d'oxyde nitreux, respectivement. Selon la communication nationale à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, 25% des émissions totales du pays proviennent de l'agriculture.

Les émissions de méthane proviennent principalement de la fermentation entérique. Les émissions de dioxyde d'azote proviennent de sols agricoles et le fumier. Le projet a mis en œuvre quatre activités au Maroc relatifs à l'atténuation climatique agricole et l'accès au marché: les activités de marché de carbone actuels (un examen et une évaluation des activités actuelles liées aux marchés du carbone); l'accès des communautés rurales pauvres aux marchés du carbone (une étude menée sur les mécanismes institutionnels qui peuvent relier les agriculteurs aux marchés du carbone); potentiel d'atténuation du changement climatique (un rapport sur les coûts et les avantages des activités d'atténuation agricoles au Maroc et à l'identification et l'évaluation des meilleures pratiques et des options); et une étude pilote pour tester les activités d'atténuation agricoles sur le terrain.

- ✓ Don: partenariat stratégique pour développer des politiques innovantes sur les changements climatiques. L'atténuation et l'accès aux marchés.
- ✓ Informations de contact: Bernadette Mukonyora, agente de recherche, b.mukonyora@ifad.org
- ✓ Partenaire: Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI)
- ✓ Durée du projet: 2008-2011

La lutte contre la salinité en Afrique du Nord : la salinité et l'engorgement de l'eau affectent la plupart des agro-écosystèmes à base d'eaux souterraines en Afrique du Nord, et plus de 25% des terres agricoles irriguées dans les rivières.

La salinité est un défi majeur à la production agricole, en particulier dans les régions arides et semi-arides de cette région. Ces zones agricoles marginales sont aussi extrêmement vulnérables à l'impact du changement climatique, notamment la sécheresse et les températures élevées. Un programme inter-régional (couvrant l'Afrique du Nord et Asie de l'Ouest), appuyé par un Don du FIDA, encourage la diversification des cultures et de l'élevage pour renforcer la résilience des agriculteurs aux effets du changement climatique. Il vise également la promotion de la gestion durable des terres marginales en introduisant des technologies innovantes telles que les plantes fourragères à haut rendement qui sont mieux adaptées à la solution saline et des conditions environnementales marginales.

- ✓ Nom du Don: adaptation au changement climatique dans des environnements marginaux d'Asie occidentale et en Afrique du Nord par le biais de cultures durable et diversification de l'élevage
- ✓ Informations de contact: Abdelhamid Abdouli, directeur du programme de pays, a.abdouli@ifad.org
- ✓ Partenaires: Centre international d'agriculture biosaline; Fonds de l'OPEP pour le développement international
- ✓ Durée du programme: 2009-2014

La gestion des risques climatiques en Egypte : les rapports publiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques ont souligné la vulnérabilité de l'Egypte à l'impact du changement climatique. Un programme commun, impliquant six agences des Nations Unies, y compris le FIDA, a été conçu pour aider l'Egypte à maîtriser la gestion des risques climatiques et à renforcer les efforts de développement humain pour atteindre les Objectifs du Millénaire pour le développement, dans le contexte du changement climatique et les menaces graves prévus pour le pays. Dans ce contexte, les activités de subvention servent à réduire la pauvreté et à atténuer les risques en combinant atténuation et d'adaptation moyennant la gestion intégrée des risques avec une attention particulière aux membres les plus pauvres et les plus vulnérables de la population.

- ✓ Nom Grant: le changement climatique et d'atténuation des risques Programme commun
- ✓ Informations de contact: Abdelhamid Abdouli, directeur du programme de pays, a.abdouli@ifad.org
- ✓ Partenaires: Gouvernement de l'Égypte; Programme de développement des Nations Unies (PNUD)
- ✓ Durée du programme: 2009-2012

Annexe 8

Mesures d'adaptation au CC envisagées dans le cadre de stratégies nationales d'atténuation et d'adaptation au CC dans les pays MENA

En Tunisie, bien avant la signature de l'UNCCC en 1992 et sa ratification en juillet 1993, le pays a initié une politique énergétique et environnementale permettant de contribuer à la lutte contre les changements climatiques moyennant l'utilisation rationnelle de l'énergie, la promotion des énergies renouvelables, la valorisation des déchets et le reboisement. La Tunisie a également ratifié le Protocole de Kyoto en juin 2002.

La période de sécheresse exceptionnelle qu'a connu la Tunisie entre 1999 et 2001 a accéléré la prise de conscience des pouvoirs publics de l'intérêt d'élaborer une stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques.

La stratégie nationale de CC (SNCC) 2012 a également souligné le déficit "de gouvernance du changement climatique". Le document de la SNCC fait état que "aussi bien au niveau de l'atténuation que de l'adaptation, des embryons de stratégies et d'outils sectoriels de politique de changement climatique commencent à voir le jour en Tunisie, mais leur mise en œuvre reste partielle, parfois peu cohérente, manque de concertation intra et intersectorielle etc. Au final un certain nombre d'insuffisances freinent la mise en place d'une politique climatique robuste" (ME/GIZ, 2012).

Au sud du pays, l'équilibre des écosystèmes sera fortement perturbé (Ben Salem et al., 2009) sous l'effet des sécheresses consécutives. Les impacts d'une sécheresse climatique sont d'autant plus néfastes que les écosystèmes sont plus fragilisés par les perturbations anthropiques (Teague et al., 2004). Le secteur agricole et les agro systèmes subiront des impacts des sécheresses successives (succession d'années sèches) qui sont assez révélateurs.

Le Sud tunisien, qui dispose principalement de ressources en eau issues des nappes profondes, constitue la zone la plus vulnérable. En effet, la demande en eau y augmentera en raison de l'élévation de la température et générera une surexploitation des nappes profondes. Les conséquences probables consisteront en la diminution des niveaux piézométriques et la dégradation de la qualité des eaux. La diminution de la piézométrie pourra toutefois être compensée par la création de nouveaux ouvrages de captage plus profonds, ce qui accaparera davantage de moyens financiers et d'énergie. La diminution de l'eau de bonne qualité risque d'augmenter les conflits entre usages concurrents de l'eau. L'approvisionnement des populations et du cheptel des zones rurales en eau potable sera plus difficile compte tenu de la dégradation de la qualité des eaux des nappes. Le développement de nouvelles solutions sera par conséquent nécessaire afin d'assurer les besoins des zones vulnérables.

La SNCC prévoit dans le prospective trois scénarios:

Scénario 1 : une exemplarité de façade : gouvernance climatique mondiale relativement faible – mais néanmoins réelle et continuité en Tunisie d'une politique de développement économique et sociale basée avant tout sur la performance économique.

Scénario 2 : Priorité au social : gouvernance climatique mondiale renforcé et priorité en Tunisie au social

Scénario 3 : Le volontarisme écologique : gouvernance climatique mondiale forte et adoption en Tunisie d'une démarche proactive adaptée à son développement économique et social.

La stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques repose sur les principes directeurs suivants :

- Dépasser la gestion de crise à court terme au moyen d'une stratégie d'adaptation aux risques liés aux changements climatiques;
- Intégrer la volatilité climatique (expression économique de la 'variabilité' du climat) dans la politique agricole et économique du pays.
- Gérer de manière intégrée, entre les différents secteurs économiques, les conséquences socio-économiques grevant le secteur agricole;

L'Égypte est située dans la région aride et devrait être grandement affecté par les effets néfastes des changements climatiques. On prévoit que la hausse prévue de la température contribuera à élargir le fossé entre les ressources en eau et les demandes, à diminuer la productivité globale de l'agriculture, et à accroître la concurrence sur les ressources naturelles. Les analystes évaluent que la hausse prévue de la température va conduire à la diminution de la productivité de certaines grandes cultures (blé, orge et maïs) de près de 20%. Il permettra de réduire la production de bétail et affecter le potentiel productif de nombreuses zones agricoles du pays.

Les zones agricoles marginales seront affectées négativement et la désertification va s'accroître.

Les pertes de productivité des cultures sont principalement imputables à l'augmentation prévue de la température, le stress hydrique des cultures, les ravageurs et les maladies, ainsi que l'inondation et la salinisation de 12% à 15% des terres arables les plus fertiles du Delta du Nil en raison de l'élévation du niveau de la mer et l'intrusion d'eau salée. Les futures hausses de température projetées sont susceptibles d'augmenter les besoins des cultures à l'eau ce qui diminue directement l'efficacité d'utilisation de l'eau de cultures et accroître les besoins en irrigation du secteur agricole. Les besoins en eau des cultures stratégiques en Égypte devraient augmenter de 6% à 16% en 2100. La vulnérabilité élevée à la ferme sur les systèmes d'irrigation en Égypte est attribuée à des motifs d'efficacité et de gestion de l'irrigation à faible.

En outre, les températures élevées augmentent l'évaporation de l'eau et la consommation d'eau et de mettre une pression supplémentaire sur la grave pénurie d'eau dans le pays. La vulnérabilité des cultures aux maladies et aux attaques des ravageurs est un autre impact potentiel de la variabilité du climat dans le pays.

La résilience accrue au changement climatique devrait aboutir à mieux gérer la pénurie d'eau, la réduction de la productivité des terres et la diversification des moyens de subsistance. Les mesures d'adaptation du côté de l'offre comprennent des moyens d'amélioration des techniques d'irrigation et de savoir-faire, l'introduction de variétés tolérantes, l'introduction d'alternatives d'énergie renouvelable, ainsi que l'amélioration des installations post-récolte. En outre, les investissements dans l'amélioration de la prévision à long terme est essentielle pour améliorer la capacité de faire face aux vagues de chaleur prolongées et d'autres risques liés au changement climatique. Le projet proposé contribuera à réduire la vulnérabilité des communautés cibles au changement climatique, y compris une dynamique d'information agricole et d'intervention (IFAD, 2014).

En Algérie, la prise de conscience de la nécessité de la prise en compte du CC dans les politiques de développement en général et dans les politiques agricoles et hydrauliques a pris un rythme croissant durant les deux dernières décennies. Cette prise de conscience a été exprimée au plus haut niveau politique. L'Algérie, a intégré la dimension du développement durable dans ses plans de développement, y compris dans un souci de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. De même qu'elle a adopté des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique et une politique de promotion des énergies renouvelables. Elle a, enfin, fait de la technologie du captage et du stockage de dioxyde de carbone un élément clé de sa politique nationale en matière de changement climatique » (MEAT Algérie, 2010).

Appui aux communautés oasiennes pour une meilleure adaptation au changement climatique (IUCN, 2007) : Il convient ici de souligner l'effort fourni par la communauté internationale en vue d'aider les communautés oasiennes à réaliser leur adaptation aux changements climatiques.

L'une des initiatives à retenir est le programme sous-régional Afrique du Nord de l'IUCN (Centre de coopération pour la Méditerranée) pour la période 2008-2012 dont l'objectif principal est de renforcer l'adaptation des écosystèmes et des populations aux effets du changement climatique, spécialement au niveau des écosystèmes fragiles des régions d'Afrique du Nord, avec une attention toute particulière pour les problèmes de gouvernance, à travers le renforcement des capacités et de la formation.

Le programme envisage d'accompagner les différents secteurs économiques dans le processus d'adaptation (gestion de l'eau, rendements agricoles, offre touristique, etc.), en favorisant notamment les productions faiblement émettrices de carbone (atténuation du changement climatique) et en préparant les populations avec des mesures d'adaptation au changement climatique notamment au niveau des secteurs sensibles comme le secteur agricole.

Dans le domaine des écosystèmes oasiens, il est proposé de mettre en pratique des stratégies d'adaptation se basant sur le genre. A ce titre l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique des communautés rurales de ces zones est souhaitée.

Stratégies d'adaptation de la population locale au phénomène de changement climatique : Les études sur les stratégies d'adaptation de la population locale au phénomène de changement climatique dans la zone SASS sont très rares. Dans le but de traiter cet aspect, nous nous sommes basés sur l'exemple de la région de la Jeffara en Tunisie (Sghaier et al, 2010) qui présente une similarité avec les régions pluviales de la zone SASS (Jeffara libyenne notamment).

Les résultats de l'enquête auprès des agriculteurs et des femmes a révélé qu'il y'a plusieurs facteurs sur lesquels la population locale agit pour faire face au changement climatique¹⁵. En effet, les résultats consignés dans la figure 10 montrent que cette population priorise d'agir sur le facteur de la flexibilité au niveau des choix cultureux et des techniques culturelles en premier lieu, puis elle se base

¹⁵ a = Diversification des activités, b = Solidarité familiale, c = Flexibilité (choix cultureux, techniques culturelles...), d = Complémentarité et substituabilité (élevage/ arboriculture, cultures annuelles...), e = Changements et priorisations d'objectifs, f = Mobilité des troupeaux, g = Répartition spatiale des parcelles, h = Taille des exploitations (foncier) et des cheptels (nombre de têtes et espèces), i = Migration, j = Epargne et gestion différée des revenus, et k = Aide et solidarité avec les autres voisins (emprunts,.....).

sur la minimisation de la taille des exploitations et de celle des cheptels pour faire face à l'augmentation des prix des fourrages. En troisième lieu cette population a insisté sur l'aspect de la solidarité familiale comme facteur pertinent pour alléger les effets du changement climatique.

Le travail de Sghaier et al (2009) a montré que la diversification des sources de revenus constitue l'échappatoire des communautés rurales pour s'adapter aux effets négatifs sur leurs revenus agricoles. 29,7% de l'échantillon ont déclaré qu'ils ont cherché des sources de revenu extra agricoles. En effet, 21,6% travaillent également dans des chantiers agricoles, 5,4% pratique le commerce et 2,7% sont des artisans.

Quand aux stratégies futures proposées par la population locale enquêtée, elles sont basées essentiellement sur l'achat des produits alimentaires (85% de l'échantillon). 50% de cette population ont déclaré qu'ils procèderont à la migration et l'abandon des exploitations agricoles. Alors que 45,6% de l'échantillon ont confirmé qu'ils préfèrent élargie les superficies arboricoles pour stabiliser leurs revenus agricoles à long termes.

Annexe 9

Présentation succincte de l'Outil EX-ACT

EX-ACT (EX-ante Carbon-balance Tool) est un outil développé par la FAO¹⁶. Il permet de fournir une estimation de l'impact d'une activité de développement agricole ou de CATF sur le bilan carbone (émissions de GES évitées + Carbone séquestré dans le sol et la biomasse). C'est outil est mis à disposition par la FAO sans contrepartie. Il est relativement aisé d'utilisation tout en présentant l'avantage d'être connu par les professionnels de la région.

EX-ACT en quelques lignes

C'est un outil d'évaluation du bilan carbone des secteurs de l'agriculture, et des CATF (AFOLU en anglais – Agriculture, Forestry and Other Land Uses) à travers l'estimation:

- des valeurs et des modifications de stocks de cinq compartiments de carbone: biomasse au-dessus du sol, biomasse souterraine, bois morts, litière et carbone organique des sols;
- des émissions et des variations d'émissions de CO₂, CH₄ et de N₂O; des bilans carbone.

EX-ACT a été développé en utilisant principalement les lignes directrices du GIEC de 2006¹⁷. Ces lignes directrices régissent les inventaires nationaux de GES (NGGI-IPCC-2006) et offrent à l'utilisateur des valeurs par défauts¹⁸ pour tous les facteurs d'émission. Concernant les options d'atténuation spécifiques non couvertes dans le NGGI-IPCC-2006, EX-ACT se base sur le chapitre 8 «Agriculture» du 4^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC/Groupe de travail 3 (Smith, et al., 2007). Les autres coefficients requis sont issues de revues publiées ou de bases de données internationales. Ainsi, les émissions des GES relatifs aux activités agricoles, au transport, à l'utilisation d'intrants et d'implantation de système d'irrigation, proviennent d'un article de Lal (Lal, 2004) alors que les facteurs d'émission d'électricité se réfèrent aux données de l'Agence Internationale d'Energie (IEA, 2013).

Cette approche est connue sous le nom d'une analyse Tiers, elle repose sur les valeurs par défaut du GIEC. En revanche, une analyse en Tiers 2 nécessite des valeurs de stocks de carbone et des coefficients d'émission propres à chaque écosystème. Cette analyse en Tiers 2 est plus précise mais elle est en même temps plus exigeante en termes de données.

Modules de base d'EX-ACT

EX-ACT est composé de six modules de base dont chacun est intégré dans une feuille Microsoft Excel, reliées tous entre elles et recouvrant les différents domaines d'activités du secteur CATF.

Les six modules sont les suivants:

¹⁶ Il a été conjointement développé par trois divisions de la FAO, TCS: Policy and Programme Development Support Division TCI: Investment Centre Division ESA: Agricultural Development Economics Division

¹⁷GIEC, 2006.GIEC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4.

¹⁸ Ce niveau de précision est appelé Tiers 1 par le GIEC.

1. Description générale du projet

Etendue géographique, caractéristiques du climat et du sol, durée du projet.



2. Changement d'affectation des terres (LUC)

Déforestation, afforestation/reforestation, LUC non lié à la forêt.



3. Production et gestion de culture

Pratique agronomique, travail du sol, labour, gestion d'eau et des fertilisants, application de fumier.



4. Pâturages et bétail

Pratique de gestion des pâturages, alimentation du bétail.



5. Dégradation des terres

Dégradation de la forêt et des sols, extraction de tourbe.



6. Intrants et autres investissements

Engrais et usage de pesticides (agro-chimie), consommation de carburant, utilisation d'électricité.



Source : (FAO, IRD et l'AFD, Guide rapide pour l'utilisation de l'outil, EX-ACT pour les secteurs agricoles et forestiers, 2014)

La collecte de données et leur insertion dans EX-ACT ne concerne que le (ou les) module(s) réellement concernés des changements d'affectation et/ou de gestion des sols. Sa logique se décline en trois phases:

1. une description générale du projet (aire géographique, caractéristiques du climat et du sol, durée du projet,);
2. une identification des changements d'utilisations des sols et des technologies en utilisant des "modules" spécifiques
3. l'utilisation de l'analyse Tiers 1 en se référant à des valeurs par défaut du GIEC ou une analyse en Tiers 2 avec des coefficients spécifiques au projet

L'approche d'EX-ACT

L'approche préconisée par EX-ACT pour l'évaluation du bilan carbone se base sur la comparaison de deux scénarios

- un scénario 1 : correspondant à un état de référence (dit sans projet)
- un scénario 2 : Correspondant à un projet porteur d'une intervention planifiée, additionnel au scénario de référence, se traduisant par des changements dans les affectations des sols est mises en œuvre.

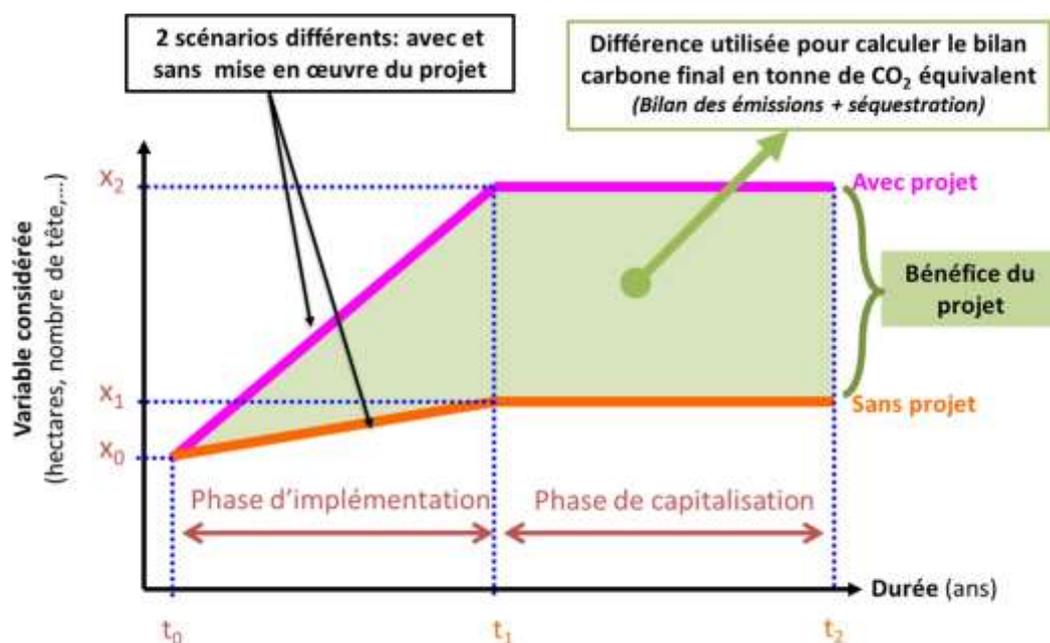


Figure 44: Description de l'évolution des scénarios d'EX-ACT (FAO, IRD et l'AFD, Guide rapide pour l'utilisation de l'outil, EX-ACT pour les secteurs agricoles et forestiers, 2014).

Ainsi :

- **X₀** correspond à une **situation initiale** d'affectation des terres et des pratiques
- **X₁** constitue une situation atteinte par un scénario de référence sans projet
- **X₂** indique la mise en place d'un **scénario avec projet** se traduisant par une hausse de la surface concernée par une meilleure gestion

EX-ACT considère deux phases distinctes:

- une **phase de mise en œuvre (t₀ à t₁)** définie comme étant la période pendant laquelle les activités du projet se mettent progressivement en place
- une **phase de capitalisation (t₁ à t₂)** définie comme étant la période durant laquelle on comptabilise les effets bénéfiques du projet

Les différences de résultats entre les scénarios avec et sans projet constitue les bénéfices générés par le projet en terme de SC.

En résumé

EX-ACT permet de

- D'élaborer des bilans carbone de projets dans le secteur des CATF
- Analyser le bilan carbone en comparaison avec une situation de référence
- Sélectionner les activités ayant le meilleur potentiel d'atténuation
- Aider à la prise de décision lors de la formulation du projet

Annexe 10

Synthèse des résultats de modélisation de séquestration de carbone dans les 5 pays MENA

Algérie						
Projet	Hypothèse	Superficie (ha/an)	Superficie total (ha/5ans)	Qté de CO ₂ sans projet	Qté de CO ₂ avec projet	Bilan net de CO ₂
Projet 1	Reboisement et extension du couvert forestier	249 000	1 245 000	0	-275 967 945	-275 967 945
Projet 2	Réhabilitation des parcours et leur conversion en prairies	600 000	3 000 000	104 500 000	-20 900 000	-125 400 000
	Augmentation annuelle du cheptel ovin de (tête)			288 680	577 360	288 680
	Total			104 788 680	-296 290 585	-401 079 265
Egypte						
Projet 1	Restauration et régénération des parcours	140 000	700 000	0	-24 383 333	-24 383 333
	Total			0	-24 383 333	-24 383 333
Jordanie						
Projet 1	Mise en défens des prairies sur pâturées	70 000	350 000	0	-15 890 747	-15 890 747
Projet 2	Régénération et amélioration des prairies	8 000	40 000	0	-1 672 000	-1 672 000

	dans la région de Mafraq dans l'ouest le long de la frontière syrienne					
	Régénération et amélioration des prairies dans la région de Ras El - Naqab au Sud et Mafraq au Nord	12 000	60 000	0	-3 678 400	-3 678 400
Projet 3	Reboisement et aménagement des 25 % des forêts déboisées	16 000	80 000	0	-18 055 488	-18 055 488
	Total		0	-39 296 635	-39 296 635	
Maroc						
Projet 1	Conversion des terres marginales en des forêts d'arganier	9 000	45 000	0	-7 920 000	-7 920 000
				0	126 555	126 555
Projet 2	Boisement d'olivier	100 000	500 000	0	-110 830 500	-110 830 500
Projet 3	Réhabilitation des parcours en jachère et leur conversion en prairies	100 000	500 000	0	-966 167	-966 167
				0	-3 483 333	-3 483 333
	Augmentation annuelle du cheptel ovin de (tête)			108 255	270 637	162 382
	Total			108 255	-122 802 808	-122 911 063
Tunisie						

Projet 1	Boisement d'olivier en extensif	10 000	50 000	0	-11 083 050	-11 083 050
	Régénération des steppes d'alfa dans les gouvernorats alfatiers Kasserine – Sidi Bouzid – Gafsa –Kairouan	10 000	50 000	0	-2 270 107	-2 270 107
	Restauration et régénération des parcours	30 000	150 000	5 225 000	-1 045 000	-6 270 000
Projet 2	Mise en défens des prairies surpâturées	50 000	250 000	0	-21 833 900	-21 833 900
Projet 3	Consolidation biologique des ouvrages de lutte contre l'ensablement dans le Sud tunisien	8 000	40 000	0	-5 609 340	-5 609 340
Projet 4	Augmentation du cheptel ovin	7 00 (Augmentation de 1% /an)	17 500 (Augmentation de 2.5% /an)	42 099	105 248	63 149
	Total			5 267 099	-41 736 149	-47 003 248