



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

**LA SÉCHERESSE AU MAGHREB:
DIAGNOSTIC, IMPACTS ET
PERSPECTIVES
POUR LE RENFORCEMENT DE LA
RÉSILIENCE DU SECTEUR AGRICOLE**

LA SÉCHERESSE AU MAGHREB: DIAGNOSTIC, IMPACTS ET PERSPECTIVES POUR LE RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE DU SECTEUR AGRICOLE



Fethi Lebdi
FAO international consultant

Abdourahman Maki
Fonctionnaire technique terres et eaux à la FAO

Citer comme suit:

Lebdi, F. et Maki, A. 2023. *La sécheresse au Maghreb: diagnostic, impacts et perspectives pour le renforcement de la résilience du secteur agricole*. Tunis. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7126fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

ISBN 978-92-5-138027-7

© FAO, 2023, dernière mise à jour 18/09/2023.



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY NC SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [langue] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (<http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules>) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

Photo de couverture: ©FAO/Telcinia Nhantumbo

TABLE DES MATIÈRES

Préface	VII
Remerciements	VIII
Abréviations, sigles et acronymes	IX
Résumé exécutif	X
1. CONTEXTE ACTUEL DE LA SÉCHERESSE AU MAGHREB	1
1.1. Messages clés	1
1.2. Contexte de la sécheresse au Maghreb	2
1.2.1. Rareté de l'eau associée à la sécheresse	2
1.2.2. Historique des sécheresses au Maghreb	3
1.2.3. Tendances récentes d'approche intégrée de la gestion de la sécheresse	4
1.2.4. Interrogations présentes pour appréhender la sécheresse	5
1.2.5. Exemples et initiatives	5
1.3. Indicateurs de sécheresse dans le contexte maghrébin	7
1.3.1. Revue des indicateurs de sécheresse	7
1.3.2. Sécheresse météorologique	8
1.3.3. Sécheresse hydrologique	12
1.3.4. Sécheresse agricole	12
1.3.5. Sécheresse pastorale	14
1.4. Caractérisation du risque de sécheresse dans les pays du Maghreb	15
1.4.1. Quantification des paramètres du risque dans le contexte maghrébin	15
1.4.2. Le risque de sécheresse et les changements climatiques	21
1.4.3. Le poids des incertitudes	24
1.5. Les principaux impacts de la sécheresse au Maghreb	25
1.5.1. Les types d'impacts	25
1.5.2. Impacts sur les ressources en eau et leur mode de gestion	25
1.5.3. Impacts sur la production agricole et la balance alimentaire	26
1.5.4. Impacts sur le processus d'urbanisation anarchique	29
1.5.5. Impacts sur le pastoralisme	30
1.5.6. Conflits entre secteurs d'usage et entre usagers	30
1.6. Exemples d'initiatives régionales et internationales pour gérer la sécheresse	31
1.6.1. Instances internationales	31
1.6.2. Centre pour le suivi de la sécheresse et d'alerte précoce au Moyen-Orient (RDMEC)	31
1.6.3. «Drought's advice on a Strategy for Drought Preparedness and Resilience» - Australie	31
1.6.4. Centre national d'atténuation de la sécheresse - États-Unis d'Amérique	32
1.6.5. Afrique du Sud: la sécheresse de 2015-2018 dans la ville du Cap	32
1.6.6. Observatoire européen de la sécheresse (EDO)	34
1.6.7. Initiative de résilience et de durabilité en cas de sécheresse (IDDRSI)	35
1.6.8. Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel - Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie et hydrologie opérationnelle (CILSS/AGRHYMET)	37

2. LE RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB: VISION ET ORIENTATION AU NIVEAU RÉGIONAL	39
2.1. Messages clés	39
2.2. Gestion proactive – Les plans de gestion de la sécheresse dans les pays du Maghreb	39
2.2.1. Les éléments constitutifs d'un plan de gestion	39
2.2.2. Exposé de plans de gestion de sécheresse dans les pays	41
2.3. Les perspectives technologiques de la réponse à la sécheresse	45
2.3.1. Initiative Main dans la main	45
2.3.2. Application de l'internet des objets (IoT)	47
2.3.3. Maîtrise de l'environnement soumis à la sécheresse	47
2.3.4. Renforcement des capacités pour la gestion de la sécheresse: apprentissage électronique	47
2.3.5. Intelligence artificielle et apprentissage automatique pour l'alerte précoce à la sécheresse	47
2.3.6. Les assurances contre les risques de sécheresse	47
2.3.7. Aide à la décision: systèmes d'information et plateformes digitales	48
2.4. Niveau régional des mesures de résilience à la sécheresse au Maghreb	48
2.4.1. Détermination de l'indicateur SPI	48
2.4.2. Les mesures d'atténuation et d'adaptation	49
2.4.3. Analyse factuelle des mesures appropriées et des défis	52
2.4.4. Analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces)	54
2.5 Vision et orientation d'un programme Maghrébin de résilience à la sécheresse	56
Conclusion	59
Bibliographie	61

FIGURES

Figure 1: Évolution annuelle de l'indicateur SPI à El Hoceima et Tatouene (Maroc)	8
Figure 2: Indice centré réduit calculé pour les pluies annuelles - (événements secs en rouge) - Medjerda -Tunisie	9
Figure 3: Moyenne annuelle des pluies dans la région de Nouakchott (Mauritanie)	10
Figure 4: Moyenne annuelle des pluies à Aleg (Mauritanie)	10
Figure 5: Indices de précipitation normalisés pour la période 2021-2022)	11
Figure 6: Indice par rapport à la normale des apports de la Medjerda	12
Figure 7: Relation entre l'indice de déficit pluviométrique (décembre-février) au Maroc et le déficit en production céréalière nationale	13
Figure 8: Représentation événementielle de l'année hydrologique	17
Figure 9: Identification des événements secs (bassin de Ghézala, nord de la Tunisie)	18
Figure 10: Scénarios de changement climatique et forçage radiatif (en W/m ²)	21
Figure 11: Diffusion des événements climatiques et hydrologiques extrêmes en fonction de l'accroissement de la température et du réchauffement climatique (IPCC, 2023)	21
Figure 12: Scénarios RCP 2.6 et 8.5.	22
Figure 13: Impacts de différents types de sécheresse	25

Figure 14: Chronologie des stocks au barrage de Nebhana pour début septembre et fin mars	26
Figure 15: Indice centré réduit des pluies annuelles à Nouakchott	29
Figure 16: Accroissement de la population de Nouakchott	30
Figure 17: Phase de nouvelle normalité	33
Figure 18: Phase 2 – jour zéro	33
Figure 19: Phase de récupération	34
Figure 20: Cycle de la gestion du risque et de la crise de la sécheresse	40
Figure 21: Organisation de la réponse proactive à la sécheresse agricole et hydrologique au Maroc	42
Figure 22: Diagramme des différentes rubriques d'un plan de sécheresse en Tunisie (Eau 2030).	43
Figure 23: Diagramme des différentes rubriques d'un plan de sécheresse en Tunisie (Eau 2030).	44
Figure 24: Mise à jour de la prévision des durées des séquences sèches maximales au début de la saison (zone sahélienne y compris la Mauritanie)	45
Figure 25: Dates de semis estimées pour les céréales pluviales (zone sahélienne y compris la Mauritanie)	45
Figure 26: Domaines d'application de la digitalisation agricole	46
Figure 27: Organisation de l'indemnisation à posteriori au Maroc	48
Figure 28: Indice de précipitation normalisé (SPI) sur deux ans terminant en janvier 2023	49
Figure 29: Principales composantes pour une action effective	51

TABLEAUX

Tableau 1: ODD mentionnant la sécheresse et les cibles à l'horizon 2030	4
Tableau 2: Exemples d'indicateurs de sécheresse	7
Tableau 3: Valeurs de l'indicateur SPI	8
Tableau 4: Pourcentage des années climatiques observées entre 1970-2018 à El Hoceima et Tetouane (Maroc) selon l'indicateur SPI	9
Tableau 5: Séquences sèches, normales et humides	9
Tableau 6: Paramètres caractérisant un indicateur de sécheresse	16
Tableau 7: Durée moyenne en jours de la période sèche mensuelle pendant la saison de pluies	18
Tableau 8: Fréquences empiriques des durées mensuelles de période sèche (nord de la Tunisie, 1968-2006)	19
Tableau 9: Changements climatiques prévisibles (Tripoli, Benghazi)	22
Tableau 10: Changements climatiques prévisibles et impacts (Libye)	23
Tableau 11: Changements climatiques prévisibles (Tunisie)	23
Tableau 12: Changements climatiques prévisibles (Maroc)	24
Tableau 13: Changements climatiques projetés dans les régions de l'Algérie	24
Tableau 14: Balance alimentaire céréalière (blé) en Tunisie	27
Tableau 15: Balance alimentaire céréalière (blé) au Maroc	28
Tableau 16: Balance alimentaire céréalière (blé) en Algérie	28
Tableau 17: Balance alimentaire céréalière (riz) en Mauritanie	29
Tableau 18: Impacts et principales mesures d'atténuation proposées	49
Tableau 19: Analyse SWOT de la résilience à la sécheresse au Maghreb	54

CARTES

Carte 1: Sécheresse en Libye en 2021	13
Carte 2: Sécheresse en Algérie en 2021	14
Carte 3: Sécheresse en Tunisie en 2021	14
Carte 4: Anomalies de biomasse et d'accessibilité à l'eau	15
Carte 5: Durées maximales des événements secs (bassin de Ghézala, nord de la Tunisie)	19
Carte 6: Indices de stress hydrique en Libye en 2021	20
Carte 7: Évolution de l'indice de végétation lors de la sécheresse 2015-2016	27
Carte 8: Indice de végétation (NDVI) en mars 2016 – Maroc	28
Carte 9: Évolution de l'étendue géographique de la sécheresse et son degré de sévérité	32
Carte 10: Indicateur de sécheresse combiné (CDI) pour la deuxième et la troisième décade du mois d'août 2020	35
Carte 11: Indicateur du niveau d'humidité des sols du 20 mai au 20 juin 2020, juillet 2020 (en haut à droite) et du 10 août au 10 septembre 2020 (en bas)	35
Carte 12: Prévisions saisonnières pour octobre et décembre 2020	36
Carte 13: Début et durée de l'événement sec.	36
Carte 14: Estimation des pluies de la 3e décade d'août 2009	37
Carte 15: Degré de gravité de la sécheresse en Algérie	41

SCHÉMAS

Schéma 1: Sécheresses en cascade	7
---	---

PRÉFACE

La sécheresse est un phénomène multidimensionnel, météorologique, hydrologique, agricole et socio-économique qui, couplé à la rareté de l'eau, exacerbe la désertification et la dégradation des écosystèmes et impacte le bien-être des populations à très large échelle.

L'historique des événements secs dans la région du Maghreb indique que le phénomène devient structurel. Il ne s'agit plus de crises exceptionnelles et ponctuelles. Ceci appelle une réponse de fond et proactive pour construire une agriculture mieux adaptée à ces changements.

La sécheresse a touché ces dernières années tout le Maghreb et ce, de façon intermittente, depuis 2015. Elle a lourdement impacté les économies nationales et la production des cultures pluviales stratégiques, principalement les céréales, ainsi que les ressources en eau disponibles pour l'irrigation et le maintien des écosystèmes naturels. Ceci s'applique à tous les pays du Maghreb. Et les solutions développées au cours du temps pour atténuer les impacts de la sécheresse, ou s'y adapter, sont très comparables sur l'ensemble de la région.

Les initiatives internationales sont nombreuses pour faire face aux effets désastreux de la sécheresse sur la population et les systèmes naturels. Des cadres régionaux de surveillance et de coopération, tels que l'Observatoire européen de la sécheresse (EDO), le Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) ou encore l'initiative de l'IGAD pour la résilience aux catastrophes dues à la sécheresse et la durabilité (IDDRSI), ont été mis en place. Des agences internationales, dont l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) et le Partenariat mondial pour l'eau (GWP), appuient des plans de gestion de la sécheresse en cohérence avec leurs stratégies sectorielles, et ont mis en place des programmes à l'échelle des pays et des régions. Plus récemment, à l'occasion de la Conférence des Nations Unies sur l'eau de mars 2023, le Secrétaire Général des Nations Unies a appelé à placer l'eau au centre de l'agenda politique mondial.

La FAO a mis en place le « portail sécheresse » qui est une plateforme mondiale de partage des connaissances destinée à aider les autorités compétentes et les parties prenantes à renforcer la résilience de l'agriculture et à améliorer la sécurité alimentaire au niveau national.

Le présent rapport *La Sécheresse au Maghreb : Diagnostic, Impacts et Perspectives pour le Renforcement de la Résilience du Secteur Agricole* est une nouvelle contribution aux efforts consacrés au renforcement de la résilience du secteur de l'agriculture face aux effets de la sécheresse et du changement climatique en général. Il met l'accent sur les actions d'atténuation et d'adaptation à la sécheresse, dans un contexte de changements climatiques et de rareté de l'eau.

Les actions proposées le sont au niveau institutionnel, scientifique et technique, financier, juridique et du renforcement des capacités. Le tout dans un cadre de collaboration régional que l'Union du Maghreb Arabe (UMA) pourra faciliter.

Philippe Ankers
Coordinateur de la FAO pour l'Afrique du Nord

REMERCIEMENTS

Cette étude est une contribution à l'initiative régionale de la FAO sur la rareté de l'eau dans la région du Proche Orient et de l'Afrique du Nord qui vise à améliorer les politiques, les investissements, la gouvernance et les meilleures pratiques afin d'accroître durablement la productivité de l'eau et des terres ainsi que fournir des outils pour la planification stratégique de l'allocation optimale et durable des ressources en eau.

Cette publication n'aurait pas été possible sans la contribution et le soutien précieux de l'UMA et des membres de son Comité permanent de lutte contre la désertification, pour la protection de l'environnement et le développement durable et des différents partenaires nationaux et à leur appui continu aux activités de la FAO dans la région du Maghreb, et plus particulièrement au plan d'action de l'initiative régionale sur la rareté de l'eau.

Cette étude a été conceptualisée et commandée par Abdourahman Maki, fonctionnaire technique Terres et Eaux au Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord de la FAO (FAO-SNE).

Le présent rapport a été élaboré par Fethi Lebdi, expert senior en ressource en eau, et Abdourahman Maki. Mme Faouzia Chakiri, chef de division à la Direction de la sécurité alimentaire au Secrétariat général de l'UMA, et Mr Imed Elmissaoui, agroéconomiste, ont contribué à la collecte et analyse des données.

Bruno Batreau, éditeur en langue française et Wided Zribi, spécialiste en édition et préparation des publications, sous la supervision de Faten Aouadi, fonctionnaire chargée de la communication à la FAO-SNE, ont fourni une correction éditoriale, conçu la mise en page et aligné le document sur les directives de publication de la FAO.

Monsieur Philippe Ankers, coordinateur du Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord de la FAO, a supervisé les étapes de préparation de cette publication.

ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AGRHYMET	Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie et hydrologie opérationnelle
CDI	indicateur de sécheresse combiné
CEDEAO	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CER	Communautés économiques régionales
CILSS	Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel
CNULCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
ETP	évapotranspiration potentielle
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GWP	Partenariat mondial pour l'eau
HMNDP	Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse
IA	intelligence artificielle
IDDRISI	Dispositif régional pour la résistance à la sécheresse et la viabilité de l'IGAD
ICPAC	Centre de prévision et d'applications climatiques de l'IGAD
IGAD	Autorité intergouvernementale pour le développement
IoT	internet des objets
MENA	Moyen-Orient et Afrique du Nord
MSAVI	indice de végétation ajusté au sol et modifié
NDMC	Centre national d'atténuation de la sécheresse
NDVI	indice différentiel normalisé de végétation
NIDIS	Système national intégré d'informations sur la sécheresse
ODD	objectifs de développement durable
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMVS	Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PAM	Programme alimentaire mondial
PIB	produit intérieur brut
RDMEC	Centre de surveillance et d'alerte précoce de la sécheresse au Moyen-Orient
SAP	système d'alerte précoce
SAPS	système d'alerte précoce à la sécheresse
SCAPP	Stratégie de croissance accélérée et de prospérité partagée
SPI	indice de précipitations normalisé
UA	Union africaine
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UMA	Union du Maghreb arabe
UNDRR	Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

La sécheresse est un événement climatique conjoncturel dans certaines parties du monde, et structurelle dans d'autres parties, dont le Maghreb. Elle provoque divers impacts sur la société et son environnement, pose la question de sa gestion, du risque qu'elle génère et de la crise qui peut s'ensuivre.

La gestion de la sécheresse est confrontée à des externalités complexes comme les changements climatiques et les pandémies (exemple de la covid-19) qui amplifient le phénomène climatique et ses impacts. Il existe toutefois des possibilités de gérer la sécheresse pour en réduire les effets, s'y adapter et renforcer la résilience des populations.

Au niveau international, les initiatives sont nombreuses par suite des effets désastreux sur la population, particulièrement en Afrique de l'Est ou dans le Sahel pendant les années 1980. Des agences internationales, dont l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) et le Partenariat mondial pour l'eau (GWP), ont développé des concepts et des programmes intégrés de gestion de la sécheresse, en vue de son opérationnalisation à l'échelle des pays et des régions.

Les pays du Maghreb, à savoir la Libye, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc et la Mauritanie, sont situés dans un contexte semi-aride à aride, avec un secteur agricole prépondérant et clé au niveau social et économique. Ce secteur de production agricole est majoritairement pluvial, s'appuie sur les précipitations et est très affecté par les occurrences de la sécheresse. Le secteur agricole irrigué, la desserte de l'eau potable ainsi que les autres secteurs usagers de l'eau (industrie, tourisme, mines et écosystèmes) subissent les effets de la sécheresse lorsque les ressources en eau viennent à manquer. La conjonction de la rareté des ressources en eau et de la sécheresse pèse sur l'équilibre social, économique, financier et environnemental de toute la région du Maghreb. Une bonne récolte céréalière peut apporter des points supplémentaires au produit intérieur brut (PIB). Les sécheresses historiques, récurrentes et observées dénotent le caractère structurel de ce phénomène météorologique dû en premier lieu à la faiblesse des précipitations.

L'urbanisation moderne a entraîné une croissance de la demande en eau localisée, amplifiant ainsi les effets des sécheresses et de la rareté de l'eau. Ceci a affaibli la mémoire historique des événements passés et fragilisé un système de résilience à échelle communautaire et familiale construit au fil du temps. De plus, l'emploi des technologies accessibles de pompage et énergétiques a permis d'extraire des nappes souterraines ou de transférer d'un bassin hydrologique à un autre de plus grandes quantités d'eau, tout en affectant la durabilité des ressources en eau.

Les années 2021 à 2023 ont accusé des déficits pluviométriques importants et l'état de crise dû à la sécheresse a été déclaré en Tunisie au mois de mars 2023. Les ressources en eau de surface stockées dans les retenues de barrages sont faibles et le déséquilibre entre extraction et alimentation des nappes devient important. La synthèse du sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (GIEC, 2023a) attribue aux changements climatiques un effet positif sur la fréquence et la sévérité des événements extrêmes y compris les sécheresses qui surviennent.

Les impacts de la sécheresse sont multiples et touchent à toutes les dimensions de la vie sociale et économique. La sécurité alimentaire des populations, en particulier, est directement touchée et des impacts s'ensuivent sur la satisfaction des besoins en eau potable, sur l'hydroélectricité, le tourisme ou le déséquilibre des écosystèmes. Le Maghreb subit les mêmes impacts et le renforcement de la gestion du risque et de la résilience à la sécheresse devient impératif.

La résilience à la sécheresse a été définie comme la capacité d'un système (social, naturel, infrastructures) à résister aux perturbations apportées par la sécheresse et à revenir au même état stable et normal (Holling, 1996). Cette définition, qui consiste à résister et à vouloir maintenir un état d'équilibre, a évolué et parle maintenant de faire face aux perturbations générées par la sécheresse, tout en essayant de s'y adapter en évoluant vers un autre état d'équilibre (social, économique, naturel). Plutôt que de maintenir un état d'équilibre précaire, il s'agit de renforcer les actions d'atténuation des effets de l'événement, ainsi que la capacité des acteurs à s'adapter, à changer graduellement et à transformer le fonctionnement de leur environnement, surtout grâce aux technologies accessibles actuellement, pour en créer un plus adapté à la sécheresse (Davoudi, 2012).

Cette contribution met en exergue l'opportunité de renforcer la politique de gestion et de résilience à la sécheresse dans le Maghreb, en mettant l'accent sur les actions d'atténuation et d'adaptation, dans un esprit de continuité et de permanence dans le suivi, en lien avec la désertification, les changements climatiques et la rareté de l'eau. Les actions concernent les niveaux institutionnel, scientifique et technique, financier, juridique ainsi que le renforcement des capacités. Cette orientation politique vers la considération de la sécheresse comme étant structurelle dans les pays de l'Union du Maghreb arabe (UMA), appelle à des actions planifiées qui s'inscrivent dans la continuité pour éviter que le risque ne devienne crise, et pour que le programme de résilience à la sécheresse soit continuellement renforcé, adapté au contexte local et adopté par les acteurs et les bénéficiaires.

La politique de gestion de la sécheresse pourra capitaliser les efforts de chaque pays du Maghreb et permettra de renforcer la complémentarité et la coopération régionale entre pays membres de l'UMA. Plus particulièrement, l'élaboration d'un programme régional de résilience à la sécheresse pourrait venir en complément et en appui aux programmes nationaux. Ceci

concerne les axes principaux de prévision et d'alerte précoce, de renforcement des mesures de résilience intégrant les acquis de la recherche et le renforcement des capacités pour atténuer les effets de la sécheresse ou s'y adapter. Le cadre de l'UMA est institutionnellement un cadre de coopération régionale qui peut jouer un rôle catalyseur pour appuyer cette coopération en vue de la résilience à la sécheresse, dans l'intérêt commun et partagé de tous les pays membres.

Le présent document met l'accent sur les derniers résultats de la caractérisation de la sécheresse dans la région du Maghreb, et élabore des lignes directrices pour une vision et un programme pour la résilience à la sécheresse dans la région. Il s'appuie sur les expériences internationales en matière d'approche régionale de la gestion et de la résilience à la sécheresse et des acquis historiques des pays du Maghreb dans leur gouvernance des sécheresses, sur les plans scientifiques et techniques, institutionnels, coutumiers ou organisationnels.

Le document est organisé en deux parties :

La partie 1 caractérise la sécheresse au Maghreb et présente les risques encourus dans un contexte de changements climatiques. Les indicateurs de la sécheresse sont présentés et caractérisés avec la quantification de leur sévérité. Les impacts prévisibles dans la région sont présentés ainsi qu'une évaluation comparative avec des initiatives régionales de gestion de la sécheresse.

La partie 2 présente les recommandations de la réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse (HMNDP, 2013), les plans de gestion de la sécheresse des pays du Maghreb, les perspectives que peuvent offrir les technologies disponibles et accessibles, ainsi que l'indice de précipitations normalisé (SPI) pour élaborer des cartes de suivi actualisées de la sécheresse. Des éléments pour la création d'une plateforme régionale d'alerte précoce sont proposés. Une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces) est effectuée pour saisir les piliers d'une vision régionale et les lignes directrices d'un programme de résilience à la sécheresse.

Contexte actuel de la sécheresse dans la région du Maghreb

Contexte actuel

Le Maghreb se caractérise par une rareté de l'eau aggravée par la sécheresse. Celle-ci est d'abord un phénomène climatique structurel reconnu de cessation de la pluie, et le risque de non-satisfaction des besoins en eau augmente avec la rareté de cette ressource. La Libye, la Tunisie et l'Algérie ont des disponibilités en eau inférieures à 400 m³/habitant. Le Maroc dispose de 811 m³/habitant de ressources en eau renouvelables et la Mauritanie dispose de 2 571 m³/habitant, grâce en particulier à la présence du fleuve Sénégal (FAO, 2020). Il faut également prendre en compte la variabilité spatiale qui est importante et s'ajoute à la variabilité temporelle.

La rareté de l'eau couplée à la sécheresse a un lien direct avec la désertification au Maghreb et la dégradation des écosystèmes. Ces caractéristiques sont communes aux pays du Maghreb, qui présentent un socle socioculturel, climatique et hydrologique commun et dont les impacts des sécheresses sont très similaires. Les solutions développées pour atténuer les impacts ou s'y adapter sont très comparables dans l'histoire de la région. La sécheresse survenue récemment en 2015-2016 a touché tout le Maghreb et a lourdement impacté les niveaux de production des cultures pluviales stratégiques, principalement les céréales. La sécheresse est un phénomène qui se développe aussi à une échelle régionale et multidimensionnelle et qui touche l'ensemble des secteurs d'activité humaine et son environnement, y compris naturel. L'approche de la gestion de la sécheresse est obligatoirement intégrée.

Au niveau international, et sous la pression des changements climatiques et de la succession d'événements extrêmes, la communauté internationale s'est mobilisée et, en 2015, les Nations Unies ont approuvé les 17 objectifs de développement durable (ODD), dont certains (ODD 2, 6, 15 et 13) couvrent la question de la gestion des sécheresses.

Néanmoins, un certain nombre d'interrogations demeurent au niveau des décideurs en charge de la gestion de la sécheresse, qui désirent, notamment, disposer d'indicateurs de sécheresse fiables et d'outils de prévision et d'alerte précoce qui leur donnent le temps et les moyens de se préparer et d'être proactifs ou de réagir.

Cette préoccupation a incité les agences des Nations Unies (FAO, OMM, CNULCD, GWP) à initier une action d'appui aux politiques nationales dans ce domaine, en cohérence avec leurs stratégies de développement (stratégies sectorielles de l'environnement, de l'eau et des sols, aménagement du territoire) et à lancer l'initiative sécheresse de la Convention des Nations Unies.

Indicateurs de la sécheresse dans le contexte maghrébin

Les sécheresses produisent différents effets et génèrent divers impacts qui se manifestent en cascade, de cause à effet. Pour les pays du Maghreb, l'eau potable est une priorité et les impacts sont surtout agricoles. Les sécheresses sont d'ordre météorologique (pluies), hydrologique (écoulements et ressources en eau), agricole (productions) et pastoral (élevage et pastoralisme). Pour les caractériser, il est fait recours à un indicateur souvent utilisé (même s'il en existe d'autres) pour apprécier la sévérité d'une sécheresse et adopté par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) en 2012: l'indice de précipitations normalisé (SPI). Il est utilisé pour mesurer un déficit de précipitations par rapport à la normale, pour différentes échelles de temps (mois, saison). L'indice SPI indique qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à -1,0 et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive (McKee *et al.*, 1993).

L'indice SPI pour les pluies annuelles a mis en évidence des cycles structurels de sécheresse sur le bassin de la Medjerda, en Tunisie, sur une période de près de 30 années d'observations pluviométriques (Lebdi, 2020). Il est à remarquer une prépondérance d'années modérément sèches à sèches, dont la durée moyenne est de 30 jours, et les durées maximales annuelles d'un événement sec pendant la saison d'apports pluviaux peuvent aller de 42 à 80 jours, ce qui peut hypothéquer toute une campagne de cultures de céréales, par exemple, et déclarer l'année agricole sèche.

La succession d'années sèches est structurelle dans les séries enregistrées en Tunisie et cette remarque peut s'étendre à toute la région du Maghreb, sans grandes différences notables.

Le Maroc a 50 pour cent de possibilités de connaître une sécheresse qui va de légèrement sec à très sec (Barakat *et al.*, 1998). L'analyse des séries pluviométriques de quelques stations météorologiques en Algérie (Biskra, El Oued), montre une alternance de périodes sèches et humides de durées variables, et l'épisode sec peut se produire quatre années de suite (Aziz *et al.*, 2007).

De même pour la Mauritanie, l'évolution de la pluviométrie dans la région de Nouakchott montre des séquences plus ou moins longues de sécheresse dans les années 1970 et 1980 et même un glissement de l'isohyète 150 mm calculé pour la période 1977-1987 vers l'ancien emplacement de l'isohyète 250 mm (Ozer *et al.*, 2010). L'aridité conjuguée à la sécheresse gagne du terrain. Les mêmes remarques sont valides pour la zone côtière semi-aride de la Libye.

Importance de la sécheresse agricole et pastorale dans la région du Maghreb

La sécheresse est récurrente, structurelle et survient lors de déficits pluviométriques. Elle provoque, au Maghreb, un déficit important en production céréalière qui fragilise la sécurité alimentaire, un déficit de stocks fourragers, ainsi qu'une dégradation de la biomasse des pâturages et des parcours pour les ovins, les caprins et les camélidés. Que ce soit en Mauritanie, au Maroc, en Algérie, en Tunisie ou en Libye, cette activité agricole et pastorale occupe une partie importante de la population et touche en général un contexte déjà fragilisé sur le plan physique et naturel (parcours, sécheresses récurrentes, points d'eau taris, dégradation

des sols, biomasse fragilisée), exacerbé par les activités humaines de surexploitation des ressources. Des conflits ont lieu autour des points d'eau et des aires de pâturage, sur les parcours ou à proximité de zones agricoles entre éleveurs, pasteurs et fermiers.

Le risque de sécheresse dans les pays du Maghreb

Le risque de sécheresse est défini comme un événement sec perçu comme dangereux qui commence à affecter les éléments exposés à cet événement et jugés vulnérables (individus, groupes et communautés, usagers de l'eau et des terres y compris les secteurs socioéconomiques et les écosystèmes [UNDRR, 2021]). Le risque de sécheresse est fonction de la probabilité d'apparition de l'événement sec, et de la vulnérabilité des personnes, des biens ou des systèmes socioéconomiques et naturels face à cet événement. Les paramètres qui caractérisent le risque de sécheresse sont sa fréquence, sa sévérité, son intensité, sa durée, sa date de début, sa date de cessation et sa date de fin car ses effets continuent.

Un peu partout dans les pays du Maghreb, le risque de sécheresse se produit avec des caractéristiques semblables et très proches.

Dans le nord de la Tunisie, durant les trois mois de la saison hivernale (décembre à février), la moyenne de la durée de la période sèche est de 11,7 jours. Les mois d'automne et du printemps ont des durées moyennes d'événements secs de l'ordre de 15 jours. Néanmoins, les écarts types se situent autour de 7 à 8 et les coefficients de variation entre 0,5 et 0,6, ce qui laisse entendre qu'il y a une grande dispersion autour de ces valeurs moyennes.

Toujours dans le nord de la Tunisie, sur la base de 42 années d'observations de pluies journalières, la carte de durée des jours secs a été spatialisée et montre l'existence de 22 événements secs d'une durée minimale de 30 jours et d'une durée maximale de 82 jours.

L'Algérie connaît la même configuration. Au cours de 42 années d'observations des jours de pluie et des jours secs (1970-2011), 20 événements secs d'une durée de 30 jours ont été enregistrés dans le bassin de Macta, dans le nord-ouest algérien (Sabri *et al.*, 2021).

L'analyse des séries pluviométriques ou des régimes hydrométriques montre une persistance de la sévérité de la sécheresse. Au Maroc, sur le bassin de l'Oum Er-Rbia, les mêmes analyses de la pluviométrie (séries chronologiques 1970-2010) confirment une tendance à l'augmentation de la sévérité des événements secs (Ouatiki *et al.*, 2019).

En Libye, la plateforme d'observation des indices de stress hydrique montre une conjugaison de faibles pluies (≤ 200 mm) et de sécheresse qui dénote la sévérité de cette dernière quand elle survient. Cela a été le cas en 2020 et 2021 dans la région d'El Kufrah (FAO GIEWS, 2021). La sévérité de la sécheresse est encore exacerbée par les effets des changements climatiques.

Le risque de sécheresse et les changements climatiques

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a élaboré quatre scénarios de trajectoire de concentration représentative (RCP) représentant un forçage radiatif à l'horizon 2100: (i) 2,6 W/m² pour RCP 2.6, (ii) 4,5 W/m² pour RCP 4.5, (iii) 6 W/m² pour RCP 6.0 et (iv) 8,5 W/m² pour RCP 8.5.

Ces scénarios représentent un forçage climatique allant du scénario optimiste fortement atténué pour maintenir les augmentations de moyennes de températures en dessous de 2 °C, à savoir RCP 2.6 (petits rejets à forte intensité de combustibles fossiles), à un scénario pessimiste de statu quo non atténué, RCP 8.5 (grands rejets à forte intensité de combustibles fossiles). Les deux scénarios RCP 4.5 et RCP 6 sont appelés scénarios de stabilisation ou intermédiaires.

Conformément aux changements prévus dans l'augmentation des températures de surface, la sécheresse dans ces régions est probable (degré de confiance élevé) d'ici la fin du siècle selon le RCP8.5.

Une augmentation significative du nombre de jours secs consécutifs dans les deux scénarios extrêmes (RCP 4.5 et RCP 8.5) confirme que la région du Maghreb est un point chaud potentiel pour les futurs changements climatiques, et connaîtra des sécheresses plus sévères et plus fréquentes ainsi que des changements dans les indicateurs de sécheresse (baisse du SPI), (Wartenburger *et al.*, 2017).

En Libye, il est prévu une croissance des températures moyennes de 2 °C à l'horizon 2050 et une diminution des précipitations moyennes mensuelles de 7 pour cent, ce qui entraînera une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, ainsi que du nombre de jours secs dans l'année de 101 à 224 jours (GEMS, 2017).

En Mauritanie, les modèles de prévision des changements climatiques selon le scénario moyen RCP 6.0 prévoient une augmentation de l'évapotranspiration de 3,6 pour cent en 2050 par rapport au niveau de l'an 2000, et une augmentation de la température de 2 °C à l'horizon 2080. Les précipitations ont aussi tendance à diminuer à l'horizon 2080 et la fréquence des périodes sèches va s'accroître.

Pour la Tunisie, les modèles de prévision des changements climatiques s'accordent à dire que le climat subira les mêmes tendances de changements que les autres pays du Maghreb, particulièrement pour la durée des événements secs, leur intensité et leur fréquence, conséquence des variations des précipitations et des températures. Les projections à l'horizon 2050 prévoient l'augmentation de jours secs dans un intervalle assez large mais conséquent de 1 à 30 jours, et le pays serait ainsi sujet à des sécheresses plus fréquentes et durant plus longtemps.

En Algérie, les changements climatiques s'exprimeront par une croissance des températures moyennes de +2 °C à +3 °C et une décroissance des précipitations annuelles moyennes qui peut atteindre 40 pour cent, de même que du nombre de jours de pluie.

Les impacts sont divers: une baisse des apports en eau et une augmentation de la demande, particulièrement la demande agricole qui est prépondérante et qui se traduira par une réduction des productions agricoles. Le recours aux ressources souterraines renouvelables et fossiles a déjà commencé à augmenter et se pose le problème de la durabilité des ressources souterraines et de l'intrusion des sels sur les côtes, là où se concentre l'essentiel des secteurs urbains et industriels (AfDB, 2018).

Au Maroc, l'impact des changements climatiques touchera les fréquences, la durée et l'intensité des sécheresses. Les impacts ont été déjà ressentis lors de la sécheresse généralisée de 2016 sur les céréales, avec une baisse de 70 pour cent des rendements par rapport à 2015. Il est important de signaler, outre l'augmentation des besoins et de la demande en eau en raison de la montée des températures et le raccourcissement de la phase de croissance végétale, les possibilités de prolifération de maladies sur les cultures pluviales (prolifération du moucheron sur les céréales).

En Afrique, y compris au Maghreb, les changements climatiques et les sécheresses prévisibles auront des impacts sur les rendements des principales cultures à l'horizon 2050, à savoir de -17 pour cent pour le blé, -5 pour cent pour le maïs et -15 pour cent pour le sorgho. Pour le millet, les chutes de rendement sont de -20 et -40 pour cent pour des réchauffements de + 2 °C et + 3 °C respectivement (GIEC, 2013). Le réchauffement de l'ordre de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle devient plus probable à l'horizon 2030, alors que la prévision était de 1,5 °C (GIEC, 2023b).

Les principaux impacts de la sécheresse au Maghreb

Les impacts de la sécheresse touchent plusieurs secteurs socioéconomiques et environnementaux. Le Maghreb voit son secteur céréalier et fourrager le plus directement touché ainsi que la dégradation de certains écosystèmes et s'ensuit une série d'impacts économiques, touchant à la balance commerciale (importations en augmentation), à l'urbanisation anarchique et aux conflits sur les ressources en terres et en eau.

Le Maroc a subi une baisse des rendements céréaliers et les mesures d'urgence déployées par l'État sous l'effet de la sécheresse de 2015-2016 ont entraîné une baisse de la croissance économique nationale de plus de 3 pour cent (Banque mondiale, 2017).

Pendant la saison 2015-2016, 3,2 millions d'hectares ont été cultivés au lieu des 5 millions initialement prévus, soit seulement 62 pour cent de la superficie de semis prévue car la sécheresse s'est installée pendant la saison de plantation.

L'Algérie a connu les mêmes effets. En 2015, les importations ont augmenté de 14 pour cent en volume pour améliorer la disponibilité intérieure et renforcer les stocks céréaliers. La superficie emblavée a diminué de 13 pour cent en 2016 et la productivité à l'hectare n'a pas dépassé 1,18 t/ha (FAOSTAT, 2020).

La Mauritanie a connu des impacts perceptibles. Les pertes de production ont dépassé 25 pour cent, et le stock rizicole est devenu déficitaire en 2015 à hauteur de 350 000 tonnes et n'est redevenu positif qu'à partir de 2017.

La Tunisie, sur la période de 2012 à 2023, a connu six années de sécheresse sévères (2015-2016, 2017-2018, 2019-2020, 2020-2021 et 2021-2023). L'année 2023 est une année de sécheresse sévère sur le premier semestre. Les déficits d'apports en eau dans les retenues des barrages, principalement dans le nord du pays, sont sans précédent et dépassent 60 pour cent. Dans le centre semi-aride, une sécheresse quasi-continue s'est installée au cours de la dernière décennie, entre 2012 et 2023. La fréquence des sécheresses a augmenté par rapport à la décennie 2002-2012, qui n'a vu que trois années sèches. Les régions céréalieres conduites en régime pluvial sont les plus touchées et les dommages financiers ont atteint 50 pour cent chez l'agriculteur, et une inflation de 100 pour cent sur le marché des fourrages (Banque mondiale, 2017). L'État est intervenu pour prendre en charge les intérêts suite au rééchelonnement des crédits des agriculteurs.

Le journal électronique Libya-al-mostakbal.org du 18 avril 2023 indique que la Libye connaît sa quatrième année consécutive de sécheresse (2018-2023) et que celle-ci touche quasiment tout le pays, en particulier la côte ouest du pays, la plaine du Jifara et la montagne Al Gharbi, causant la disparition d'arbres fruitiers soumis à une sécheresse sévère. Les impacts des sécheresses, modérés sur le territoire, ont touché plus d'un million de km² en 2018 et près de 800 000 km² en 2019. Toutefois, la Libye ne dispose pas d'études détaillées récentes concernant la quantification de l'index de vulnérabilité à la sécheresse (CNULCD, 2023; Tsemelis *et al.*, 2019). Même si le canal de la grande rivière artificielle exploite les eaux souterraines fossiles et couvre ainsi 60 pour cent des besoins en eau potable et contribue à l'atténuation des effets de la sécheresse, la demande en eau ne cesse de croître aussi bien pour l'eau potable que pour l'irrigation, amplifiant ainsi les effets de la sécheresse.

Compte tenu de la situation de la sécheresse au Maghreb et des défis que sa gestion comporte, il est possible de s'inspirer d'initiatives et d'exemples à travers le monde, et de tirer profit des leçons apprises en vue d'appréhender une gestion proactive de la sécheresse, que ce soit pour renforcer un plan national ou pour appuyer une initiative régionale.

Exemples d'initiatives régionales et internationales pour gérer la sécheresse

En plus des centres et des institutions existantes dans les pays, les Nations Unies ont mis en place des cadres d'intervention pour faire face à la sécheresse et des agences spécialisées pour appuyer les politiques de gestion des conditions extrêmes, y compris la sécheresse, FAO, Organisation mondiale de la santé (OMS), OMM, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD). La Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse (HMNDP, 2013) a regroupé les agences des Nations Unies pour aider les politiques des pays et des régions comme le Maghreb à renforcer leurs politiques nationales de gestion de la sécheresse, conformément au contexte de chaque pays.

Cela concerne la préparation, la réduction de la vulnérabilité et des risques et le renforcement de la résilience à la sécheresse des personnes et des écosystèmes. Il existe plusieurs exemples et expériences de gestion de la sécheresse à travers le monde dont, pour ne citer que ceux qui sont proches du contexte maghrébin: le Centre de surveillance et d'alerte précoce de la sécheresse au Moyen-Orient créé en 2003 (RDMEC), le Centre national d'atténuation de la sécheresse de l'Université du Nebraska, et les expériences de l'Autorité intergouvernementale pour le développement (IGAD) en Afrique de l'Est, du Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) en Afrique de l'Ouest ou bien encore celles de l'Afrique du Sud, et plus particulièrement de la ville du Cap, suite à la sécheresse de 2017-2018.

Ces riches expériences permettent de développer une vision et un programme régional de résilience à la sécheresse au Maghreb, avec les spécificités des pays et de la région.

Renforcement de la résilience à la sécheresse au Maghreb: vision et programme au niveau régional-portail d'alerte précoce

La partie 2 de ce document présente l'état de l'art pour l'élaboration de plans de gestion de la sécheresse, les plans de gestion nationaux en cours et l'opportunité d'établir, pour commencer, des cartes des sécheresses actualisées et élaborées selon l'indice SPI en attendant que la recherche puisse proposer de meilleurs indicateurs plus représentatifs de la région.

Dans l'objectif de mener une analyse SWOT et d'identifier les piliers d'une vision régionale de résilience à la sécheresse et un programme d'action pour l'atténuation et l'adaptation, il est présenté des perspectives d'intégration d'outils technologiques afin de contribuer à renforcer cette résilience et de fournir les moyens d'une gestion proactive de la sécheresse. Il est ainsi proposé une vision régionale maghrébine de renforcement de la résilience à la sécheresse.

La vision maghrébine de résilience à la sécheresse vise à «promouvoir des politiques concertées pour la protection des populations et des écosystèmes et le renforcement de leur résilience contre des catastrophes naturelles dans la région du Maghreb, au moyen d'une approche proactive, participative et multisectorielle, combinant l'adaptation aux catastrophes, l'alerte précoce, la préparation, la réponse et l'atténuation de leurs effets, et qui intègre la gestion de la sécheresse aux plans de développement nationaux».

Les éléments constitutifs d'un plan de gestion de la sécheresse

Un bon plan de gestion de la sécheresse prévoit la protection contre la crise, la gestion du risque et la préparation par des programmes d'atténuation des effets et d'adaptation. Les programmes d'adaptation permettent de renforcer la résilience à la sécheresse des populations et ces mesures peuvent être mises en œuvre à court ou à long terme (Theresa *et al.*, 2020). Les trois piliers d'un plan de gestion de la sécheresse s'appuient sur un système d'alerte précoce, une évaluation de la vulnérabilité des populations et des programmes de préparation, de secours et d'intervention d'urgence (OMM et GWP, 2014).

En Algérie, le plan sécheresse qui a été élaboré s'appuie principalement sur le suivi des tendances climatiques à court terme et sert à émettre des alertes en début d'événement, qui visent divers secteurs d'usage de l'eau, et en particulier l'eau potable et l'agriculture. Son objectif est de promouvoir une démarche d'évaluation du risque et de la vulnérabilité, de prévention par l'alerte précoce et d'atténuation du risque avec une vue intégrée et multisectorielle (CNULCD, 2018). Ainsi, le plan a pris en compte les priorités des différentes stratégies sectorielles, qui serviront à évaluer la vulnérabilité et à orienter les actions d'atténuation (stratégies de développement durable, diversité biologique, changements climatiques, lutte contre la pauvreté et l'exclusion, population et développement, développement agricole durable et aménagement du territoire, ainsi que le Plan national de l'eau qui court jusqu'en 2035).

Au Maroc, la loi n° 10-95 détaille les actions à entreprendre en cas de sécheresse par les divers organismes, tels que les agences de bassins, et les outils à utiliser (Ouassou *et al.*, 2007). Le Maroc est doté de neuf agences de bassins hydrauliques qui disposent d'attributions pour gérer les sécheresses. L'agence de bassin hydraulique établit un plan de gestion de la pénurie d'eau, en concertation avec l'administration, les établissements publics et les collectivités territoriales concernés. Ce plan doit contenir des mesures préétablies selon le degré de pénurie et intégrer tous les secteurs usagers pour une gestion proactive de la pénurie d'eau. Ceci suppose un manuel de mesures prêtes à être mises en œuvre selon le degré de pénurie constaté. Le Maroc dispose d'un observatoire national de la sécheresse (ONS), dont les objectifs sont pertinents et utiles pour l'aide à la décision, à l'instar du Centre national d'atténuation de la sécheresse de l'Université du Nebraska.

En Tunisie, le Code des eaux a été actualisé en 2021 et le chapitre 6 est consacré à la gouvernance du risque de sécheresse et de rareté de l'eau. L'accent est mis sur les actions d'adaptation et le partenariat avec la société civile. Sur le plan institutionnel, il existe un Conseil national de l'eau qui propose au Ministère en charge de l'eau la déclaration d'un état de sécheresse dans une zone donnée et les actions d'atténuation à entreprendre. De même, un arbitrage entre les usages de l'eau et les usagers est effectué pour la durée de l'événement et pour définir des allocations ou en interdire des usages.

La Mauritanie est un pays maghrébin de transition entre le Sahara et le Sahel. Sa longue saison sèche s'étend d'octobre à juin, et sa courte période pluvieuse sur deux à quatre mois, de juillet à début octobre, très semblable au climat sahélien (Leroux, 1983).

La Mauritanie a acquis une grande expérience dans la préparation à la sécheresse, la mise en œuvre de plans d'urgence et l'implication des communautés (sécheresses de 2011-2012 et de 2017-2018). Le pays bénéficie du cadre de suivi de la sécheresse développé par le CILSS et est également membre de l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS). Sur le

plan de la politique de développement, la Mauritanie dispose de la Stratégie de croissance accélérée et de prospérité partagée (SCAPP 2016-2030), qui a pour objectif de renforcer la résilience à la sécheresse et les capacités d'adaptation.

Bien que la Libye ne dispose pas d'un plan de gestion de la sécheresse ni d'un système d'alerte précoce (CNULCD, 2023), le pays a initié des études et des programmes pour la mise en place d'une stratégie, d'un cadre légal et de projets d'adaptation à la sécheresse surtout au niveau du secteur agricole, par le biais de la sélection de variétés résistantes à la sécheresse et la promotion des techniques d'économie de l'eau ainsi que le renforcement des capacités. La coopération avec des instances internationales pour le renforcement des capacités et l'irrigation efficiente est en cours, impliquant aussi bien la FAO que d'autres partenaires techniques.

Les perspectives technologiques de la réponse à la sécheresse

L'initiative Main dans la main de la FAO met l'accent sur l'importance de l'apport technologique dans la gestion des aléas et des ressources naturelles, et une plateforme géospatiale d'applications sur les données touchant à l'agriculture est mise en œuvre par la FAO dans cet objectif¹. Parallèlement sont mises en œuvre d'autres plateformes visant le renforcement de la digitalisation agricole et touchant à la gestion de la sécheresse comme l'initiative Services agricoles et inclusion numérique en Afrique (SAIDA) ou bien encore l'agriculture 4.0, à savoir l'utilisation de technologies numériques telles que l'intelligence artificielle (IA), le traitement des métadonnées (Big Data) et l'internet des objets. Cette application touche aux activités agricoles, et emploie la télédétection pour le suivi de la sécheresse, la détection collective de données et leur croisement à grande échelle par les acteurs directement concernés par la sécheresse, ce qui permettra une plus grande contribution directe depuis le terrain et les centres spécialisés. Le numérique a la possibilité de transformer la gestion de la sécheresse et c'est tout l'intérêt du Maghreb d'investir dans ce domaine.

Les assurances contre les risques de sécheresse

L'assurance indicielle (assurance paramétrique ou indexée) est un instrument de gestion des risques en cas de catastrophe pour protéger les petits exploitants agricoles contre les pertes. Le mécanisme d'indemnisation privé, à l'instar de l'assurance agricole indicielle (climatique), assure jusqu'à un certain niveau de dégâts et ne couvre pas une majorité d'agriculteurs, éleveurs ou pasteurs qui n'y ont pas accès. Le recours à une intervention publique pour atténuer les effets de cet aléa par la procédure de compensation est très fréquent, sinon de rigueur, dans les pays du Maghreb. Ceci est applicable pour les événements de sécheresse reconnus comme catastrophe naturelle.

Sur le plan financier, des efforts restent à déployer pour financer les programmes de résilience à la sécheresse et d'indemnisation de petits agriculteurs, dont l'épargne est quasi inexistante. Le cadre régional privé apporte une échelle convenable aux compagnies d'assurance régionales et aux banques. L'expérience de référence est celle de la Mutuelle agricole marocaine d'assurance (MAMDA) du Crédit agricole au Maroc, qui offre une garantie sur les productions céréalières selon les zones contre les risques de sécheresse sur la base de l'indice SPI.

Cartes dynamiques de sécheresse, alerte précoce et gestion proactive

L'indice SPI est utilisé pour établir les cartes de sécheresse, avec des index de sévérité et de durée. Cet indice a été recommandé par plusieurs auteurs dont l'OMM en 2009 (Hayes, 2011). Il repose sur la déviation normalisée des précipitations par rapport à la moyenne et sur une échelle de sévérité (OMM, 2012). Il permet de se focaliser sur neuf mois d'espérance d'apports pluviométriques de septembre à mai, ce qui est le plus approprié pour les pays du Maghreb.

Les cartes de sécheresse actualisées au Maghreb qui peuvent être établies à partir de cet indice ouvrent la voie à une plateforme régionale d'alerte précoce.

La résilience à la sécheresse par les mesures d'atténuation et d'adaptation

Les réponses d'adaptation ou d'atténuation des impacts de la sécheresse sont multidimensionnelles. Un certain nombre de mesures d'atténuation ont été présentées qui touchent à l'agriculture pluviale, aux ressources en eau et à l'exploitation des réserves souterraines (FAO, 2013). Les règles de restriction des demandes en eau sont surtout adressées aux zones irriguées, et un plan de sécurité de l'approvisionnement en eau et aliments est élaboré pour toutes les zones rurales (élevage et pastoralisme compris) et urbaines pendant les périodes de sécheresse. Ces mesures d'atténuation, rapportées aux pays du Maghreb, montrent l'importance de la sauvegarde des équilibres des systèmes socioculturels et des ressources naturelles. Après les choix techniques, l'effort institutionnel et le cadre légal viennent appuyer leur mise en œuvre.

Les mesures d'adaptation à la sécheresse dans les pays du Maghreb sont mises en place depuis des décennies. Depuis le début des années 1960, d'ambitieux programmes de renforcement de la résilience ont été mis en œuvre pour le développement des ressources en eau et leur gestion durable et efficiente dans des secteurs clés tels que l'agriculture. Ces mesures nécessitent d'importants investissements ainsi qu'un temps long pour les concrétiser sur le terrain et contribuer ainsi à plus de sécurité, surtout pour l'eau et la production agricole.

Les mesures d'adaptation caractérisent le mieux l'expérience maghrébine et ont démontré leur efficacité en périodes de grandes sécheresses, comme la politique des grands barrages, la récolte des eaux de surface, la réutilisation des eaux usées traitées et la recherche génétique.

Malgré les importantes conséquences financières, il n'existe pas de cadre institutionnel renforcé consacré en permanence à la gestion intégrée de la sécheresse et dont les activités continues montreraient le rôle que jouent la politique de l'eau, des sols ou

¹ <https://data.apps.fao.org/>

bien encore les assurances dans cette question. La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) et les efforts pour atteindre les objectifs de développement durable à l'horizon 2030 ont permis de recentrer l'attention sur ce problème aigu de la sécheresse dans les pays qui y présentent des prédispositions.

Analyse factuelle et SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces)

Les mesures d'atténuation et d'adaptation à la sécheresse sont mises en œuvre à l'échelle du territoire ou du bassin hydrologique. Elles sont à moyen et long terme (stratégiques), à court terme (tactiques) et à très court terme (urgence). En particulier, la faisabilité des solutions d'urgence apportées dépend de la disponibilité des services d'appui locaux (depuis les réparateurs des pompes pour irriguer ou pour renforcer une alimentation en eau potable d'une communauté, jusqu'aux services financiers de crédits de soutien des banques pour les plus vulnérables).

Dans les pays du Maghreb, il existe des points forts mais il subsiste quelques handicaps qui entravent une action efficace face à la sécheresse, notamment une politique et un mode de gouvernance propres à la gestion de la sécheresse (dans certains Codes de l'eau nationaux, la question de la sécheresse figure soit dans le chapitre de lutte contre la désertification, soit dans le chapitre des changements climatiques et événements extrêmes). Il y a lieu de renforcer une efficacité institutionnelle harmonisée et cohérente de réponse à la sécheresse, une vision et une stratégie dédiées à la prévision et à l'alerte précoce ainsi qu'un programme de résilience et des manuels de procédures opérationnelles.

La coopération régionale pour la résilience à la sécheresse entre les pays du Maghreb est favorisée par une même culture et un même comportement de la société vis-à-vis de l'événement et par des caractéristiques climatiques, écologiques et naturelles similaires. Cela permet d'examiner des méthodologies et des normes communes et en cohérence avec le contexte régional et d'éviter les confusions des plans d'urgence, qui s'avèrent fort coûteuses lorsque le risque de sécheresse se transforme en crise. Il est possible de capitaliser sur ce qui est commun aux pays en respectant les spécificités de chacun en ce qui concerne la résilience à la sécheresse.

Cette coopération régionale pour la résilience à la sécheresse est possible grâce à l'excellence des instituts de recherche, surtout pour l'eau, les sols, l'énergie, l'agriculture et la recherche médicale et vétérinaire, dont certains travaillent sur les maladies liées à la sécheresse et au manque d'eau, en qualité et en quantité.

Récemment, les pays se sont dotés d'excellents centres de formation et de recherche dans les technologies numériques et la digitalisation. Les capacités humaines de la région sont excellentes et d'un niveau international indéniable. Les innovations pour l'adaptation et pour l'atténuation des sécheresses sont des défis et les solutions sont accessibles dans la région. Par exemple, les recherches génétiques sur les céréales et d'autres cultures résistantes à la sécheresse font la fierté de la recherche agronomique des pays du Maghreb. Il en va de même pour les techniques de récolte des eaux de surface et la conservation des eaux et des sols, qui tirent leurs enseignements de plusieurs siècles d'adaptation dans toute la région.

Néanmoins, le cadre de coopération régionale pour la résilience à la sécheresse reste modeste et les innovations scientifiques et technologiques d'atténuation de la sécheresse existent mais sont dispersées et ne sont pas toutes valorisées directement pour être appliquées par les acteurs concernés.

L'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) a réalisé la seule tentative de constitution d'un système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse (SMAS) entre 2006 et 2009.

Vision et orientation d'un programme maghrébin

La dynamique insufflée à travers le travail présenté dans ce rapport et conduit avec l'UMA a permis d'aboutir à une vision maghrébine de résilience à la sécheresse qui vise à «promouvoir des politiques concertées pour la protection des populations et des écosystèmes et le renforcement de leur résilience contre des catastrophes naturelles dans la région du Maghreb, au moyen d'une approche proactive, participative et multisectorielle, combinant l'adaptation aux catastrophes, l'alerte précoce, la préparation, la réponse et l'atténuation de leurs effets, et qui intègre la gestion de la sécheresse aux plans de développement nationaux».

Les priorités retenues par les pays du Maghreb pour un programme régional de résilience à la sécheresse sont: la mise en place d'un système de suivi et d'alerte précoce à la sécheresse; l'évaluation et le renforcement des procédures de la préparation et réponse; la mobilisation des ressources pour des actions inter pays; le partenariat public-privé pour les assurances face à la sécheresse.

1 CONTEXTE ACTUEL DE LA SÉCHERESSE DANS LA RÉGION DU MAGHREB

1.1. MESSAGES CLÉS

- La sécheresse au Maghreb est structurelle et exacerbée par les effets des changements climatiques.
- Le Maghreb se trouve dans un espace dont les caractéristiques pédoclimatiques et économiques et une grande part de son développement et de ses performances sont associées à la sécheresse.
- Les déséquilibres hydrauliques entre la ressource et la demande en eau sont de plus en plus aigus et font appel à la recherche de solutions dans les ressources non conventionnelles.
- La désertification avance toujours plus au gré de la succession des sécheresses dans les zones fragilisées.
- Le caractère aléatoire des sécheresses, fréquentes mais irrégulières, rend leur prévision délicate.
- Les impacts de la sécheresse au Maghreb sont importants, se présentent en cascade et à plusieurs niveaux, aussi bien environnementaux que socioéconomiques.
- Les secteurs agricoles et pastoraux sont vitaux dans la région et pour les familles et sont les plus vulnérables.
- Le secteur agricole pluvial céréalier, les pâturages et l'élevage sont socialement les plus importants (denrées alimentaires stratégiques, main-d'œuvre agricole importante) et les plus touchés par la sécheresse. Le résultat a un effet immédiat sur les tensions probables autour des ressources en eau et en terres et sur l'urbanisation non contrôlée et accélérée.
- Les agences des Nations Unies (CNULCD, FAO, OMM) appuient la mise en place de politiques de gestion proactives et de renforcement de la résilience à la sécheresse.
- L'UMA appelle à un système d'alerte précoce sous-régional qui serait une composante du programme en cours de la lutte contre la désertification, en cohérence avec les plans nationaux de lutte contre la désertification des cinq pays du Maghreb.
- Plusieurs indicateurs sont employés pour caractériser une sécheresse (indice de sévérité de la sécheresse de Palmer (PDSI), indice SPI, indice de sécheresse effectif (EDI), indice différentiel normalisé de végétation [NDVI]). La recherche au Maghreb doit continuer à travailler sur un indice de sécheresse régionalisé.
- Le même effort de recherche se doit de caractériser les paramètres des sécheresses passées déclarées au Maghreb: fréquence, sévérité, intensité, durée, date de déclenchement, date de cessation et date de fin.
- La durée maximale d'un événement sec pendant la saison pluvieuse en zone subhumide à semi-aride au Maghreb peut historiquement aller de 42 à 80 jours, ce qui va hypothéquer toute culture pluviale.
- Les effets des changements climatiques confirment une tendance à la baisse des pluies, une persistance de la sévérité de la sécheresse et une augmentation de la fréquence des années sèches.
- Les impacts de la sécheresse sur la balance commerciale, sur la croissance économique des pays du Maghreb et les dommages financiers à petite échelle et chez les agriculteurs et éleveurs sont très importants.
- Le renforcement de la résilience à la sécheresse au Maghreb est primordial car il pourrait réduire la vulnérabilité et le risque encouru par un événement sec:

Risque sécheresse = f [probabilité d'apparition de l'événement, vulnérabilité]

- Les pays du Maghreb disposent de plans de sécheresse qui gagneraient à être renforcés par des instances scientifiques et techniques pour le suivi et l'alerte précoce, ainsi que par l'évaluation des impacts.
- La résilience à la sécheresse au Maghreb tire profit de la riche expérience maghrébine et mérite qu'elle soit renforcée au vu des changements climatiques observés.
- La promotion d'une instance régionale scientifique et technique pour la surveillance et l'alerte précoce de la sécheresse au Maghreb est fort recommandée.

1.2. CONTEXTE DE LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

1.2.1. Rareté de l'eau associée à la sécheresse

La région du Grand Maghreb qui regroupe, d'est en ouest, la Libye, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc et la Mauritanie, se trouve dans un espace géographique dont les caractéristiques, sur une grande partie de son territoire, sont associées à la sécheresse et sont les suivantes (NDMC, 2008):

- (i) Aride à semi-aride, qui est un état géomorphologique permanent à l'échelle du long terme, caractérisé par de très faibles pluies.
- (ii) Ressources en eau rares et déséquilibres hydrauliques de plus en plus aigus entre la ressource et la demande en eau.
- (iii) Pénurie d'eau en raison de l'occurrence d'événements secs, en plus des questions de gouvernance, de gestion des ressources et des infrastructures hydrauliques.
- (iv) Désertification qui avance toujours malgré les efforts déployés, exacerbée par les changements climatiques et des événements secs plus fréquents et plus sévères.

La climatologie et l'hydrologie de la région se caractérisent par un aléa très fort, démontré dans les analyses substantielles des séries chronologiques des apports pluviométriques et par la difficulté de leur prévision à des échelles saisonnières et annuelles. Ceci permet de comprendre le caractère aléatoire de l'avènement de sécheresses fréquentes mais irrégulières au niveau spatiotemporel.

La pluviométrie extrêmement basse, comme en 2013 au Maghreb, oblige de se concentrer sur ces événements extrêmes aux impacts environnementaux et socioéconomiques importants, notamment pour le secteur agricole et pastoral et les familles qui en dépendent. Le secteur agricole pluvial céréalier, les pâturages et l'élevage sont les plus touchés par le déficit pluviométrique et leur poids dans la balance commerciale est prépondérant.

De fait, la rareté de l'eau au Maghreb est une donnée établie (FAO, 2015) et se traduit par une insuffisance des ressources en eau disponibles à satisfaire les besoins et les demandes, de manière structurelle et sur le long terme (Van Lanen *et al.*, 2017).

La sécheresse est un événement d'abord climatique de cessation d'apports pluviométriques, dont le risque et les impacts augmentent lorsqu'elle s'ajoute à la rareté de l'eau et à l'absence de tampon naturel suffisant (par ex., puiser dans les ressources souterraines ou dans les retenues d'eau). Ceci amplifie la menace sur la disponibilité spatiotemporelle des ressources en eau et sur le risque de non-satisfaction des besoins en eau.

La concomitance de la rareté de l'eau et de la sécheresse est directement liée à la désertification au Maghreb. La fréquence et la sévérité des sécheresses répétées et prolongées, et le manque de ressources en eau à employer pour maintenir les systèmes naturels et les écosystèmes, contribuent à la dégradation des sols et des pâturages et à l'accélération de la désertification.

C'est dire le poids concomitant de la rareté de l'eau et de la sécheresse qui parviennent à déstabiliser un équilibre socioéconomique au Maghreb et à modifier son panorama physique et géomorphologique par un processus de désertification.

D'où l'importance de la préparation, de la gestion intégrée ainsi que de la résilience à la sécheresse des populations et des systèmes naturels pour en réduire les effets multidimensionnels qui fragilisent, outre le confort socioéconomique des populations, les budgets des États, l'agriculture, le pastoralisme, les écosystèmes et l'environnement.

La sécheresse climatique, celle la plus ressentie directement par les personnes et les sociétés, s'exprime en tant que déviation négative, modérée ou forte, des précipitations moyennes, et revêt un caractère structurel. Elle est définie comme une période prolongée - semaines, mois, une saison, une année ou plusieurs années - de précipitations insuffisantes par rapport à une chronologie statistique (par ex., la moyenne statistique pluriannuelle), ou par rapport à son impact sur un usage, une activité ou un système naturel qui subit un déficit en eau pour son fonctionnement ou pour son équilibre (NDMC, 2008).

La sécheresse est un phénomène lent mais sournois, qui s'installe petit à petit mais qui donne le temps de l'alerte précoce et de la préparation de la réponse. La sécheresse, considérée par rapport à ses impacts, apparaît comme un phénomène plus relatif qu'absolu, qui se déploie à une échelle locale (bassins hydrographiques) et régionale, en fonction des caractéristiques climatiques, qui dépassent les limites géographiques des pays.

Les impacts et la vulnérabilité à la sécheresse varient d'un pays et d'une société à l'autre, d'un secteur de développement à l'autre et d'un acteur à l'autre (distributeur d'eau potable, écologiste, irrigant, producteur d'énergie hydroélectrique,

producteur aquacole, éleveur, pasteur, transporteur fluvial). La vulnérabilité à la sécheresse va dépendre également de la capacité adaptative et de la résilience dans les pays (organisation, infrastructures, capacités économiques des groupes, des communautés et des personnes).

Les pays du Maghreb sont très similaires dans leurs caractéristiques climatiques, hydrologiques, culturelles et sociales. L'agriculture et l'élevage sont en grande partie traditionnels et très dépendants des apports pluviométriques, de la disponibilité des ressources en eau pour l'alimentation en eau potable et pour l'abreuvement du bétail, de la disponibilité des terres et de l'eau pour l'irrigation et la production agricole et autres usages locaux (par ex., les mines qui utilisent l'eau). La pérennisation et la durabilité de ces activités économiques et sociales sont importantes à l'échelle du pays et des communautés; la disponibilité de l'eau et des terres en périodes sèches et l'adaptation à la sécheresse sont donc primordiales.

La disponibilité des ressources en eau et en terres possède une distribution spatiale et temporelle hétérogène. La Libye, la Tunisie et l'Algérie disposent de moins de 400 m³ d'eau par an et par habitant, le Maroc de 811 m³/habitant et la Mauritanie de 2 571m³/habitant, grâce notamment à la présence du fleuve Sénégal (FAO, 2017). Ces chiffres moyens n'indiquent pas obligatoirement une aisance hydrologique. La variabilité spatiale est importante et s'ajoute à la variabilité temporelle, ce qui fait que traiter l'analyse des précipitations, et donc des sécheresses, par leurs moyennes n'informe pas sur la manière de les gérer et de les piloter.

Des événements secs plus ou moins longs et sévères peuvent survenir tout autant que des événements pluvieux humides, moins fréquents. De même, il n'y a pas partout de terres arables et de zones de parcours en raison de la grande partie désertique de la région. Il y a dès lors conjonction entre deux aspects hydroclimatiques: d'une part la rareté des ressources en eau et en terres, d'autre part l'occurrence d'événements secs aléatoires mais structurels.

Ceci confère à l'objectif de résilience à la sécheresse deux aspects complémentaires: la gestion proactive de la sécheresse (prévision, alerte précoce, préparation) et la gestion efficace de ressources naturelles rares (efficacité d'usage de l'eau et des sols, productivité de l'eau et des sols, comptabilité maîtrisée des ressources et de la demande). L'objectif demeure un seuil acceptable de souveraineté alimentaire et la durabilité de ressources rares.

La pandémie de covid-19 en 2020 a montré combien les pays peuvent être fragilisés lorsque, en plus de la sécheresse, ils sont confrontés à d'autres événements dramatiques, qui exacerbent les impacts sur les populations et les gouvernements, aussi bien au niveau national que régional. À cela s'ajoutent les effets des changements climatiques qui sont les mêmes dans tous les pays du Maghreb (augmentation des températures, diminution de la pluviométrie, des écoulements et de la recharge des nappes, nouveaux défis de gestion et d'usage des ressources en eau et en terres, non-satisfaction des besoins en eau et en terres). Ces tendances sont confirmées par les modèles des changements climatiques pour l'ensemble des pays du Maghreb et au niveau régional (GIEC, 2013).

Lors d'un atelier sur le renforcement des capacités pour la préparation à la sécheresse et la planification de la gestion au Proche-Orient et en Afrique du Nord, organisé par la FAO à Rabat du 1^{er} au 5 novembre 2020, il a été souligné l'importance dans la région de l'impact et de l'évolution de la sécheresse dans des conditions de changements climatiques. Ses implications pour les économies nationales et sur les populations rurales, les groupes communautaires vulnérables, les ressources en eau et le pastoralisme en particulier, ont alerté les décideurs à l'échelle régionale, qui ont adopté un certain nombre de recommandations dont la mise en œuvre réelle n'est pas encore effective:

- développer une stratégie nationale et un plan d'action pour la préparation et la gestion de la sécheresse, en tenant compte à la fois de la planification à long terme et de celle d'urgence pour la gestion des ressources naturelles;
- établir un organe spécialisé pour la gestion de la sécheresse, au niveau politique le plus élevé possible, pour la mobilisation des ressources et une coordination efficace;
- activer et mettre en œuvre le plan national de gestion de la sécheresse, y compris la mise en place de systèmes de surveillance et d'alerte précoce;
- examiner les cadres juridiques et institutionnels pertinents, y compris la législation relative à la gestion de la sécheresse et la base pour déclarer le statut de sécheresse dans le pays.

Il est important aussi de noter que la demande de traiter ce problème de sécheresse lors de l'atelier organisé à Rabat a émané des décideurs de la région (à la demande des ministres en charge de l'agriculture et de l'eau de la région).

1.2.2. Historique des sécheresses au Maghreb

La sécheresse dans la région méditerranéenne n'est pas un phénomène nouveau comme le montre la littérature et, bien entendu, la résilience à la sécheresse non plus. C'est pour cette raison que l'association d'outils technologiques récents permettant de caractériser et de gérer la sécheresse doit aller de pair avec les acquis historiques des sociétés et des communautés, dans leurs efforts d'adaptation ou d'atténuation des effets de la sécheresse.

Le Maroc a vécu plusieurs sécheresses dans son histoire, dont la fréquence a évolué au cours des dernières décennies. Au début du XX^e siècle, une sécheresse aiguë survenait tous les dix ans; au XXI^e siècle, on en dénombre cinq à six par décennie (Agoumi, 2003).

Dans la région du Sahel, dont fait partie la Mauritanie, de graves sécheresses ont provoqué des conflits pour les ressources, des pertes de bétail et une crise alimentaire généralisée (Traore *et al.*, 2014).

La sécheresse survenue pendant la saison agricole 2015-2016 a touché toute l'Afrique du Nord et les impacts directs ont pesé sur les niveaux de production des cultures pluviales stratégiques, donnant notamment des récoltes céréalières très faibles.

La Tunisie a connu des sécheresses successives, plus ou moins sévères, mais qui ont pu perdurer plus de trois ans (ITES, 2014). Néanmoins, les successions de périodes sèches demeurent erratiques mais fréquentes avec des alternances d'inondations. Les communautés et les décideurs ont adapté leur planification et ont réussi à devenir plus résilients face à la succession d'événements extrêmes secs et humides. Ils ont développé des capacités pour stocker et gérer les réserves des années excédentaires en prévision des années sèches et de disette (ressources en eau et stocks alimentaires).

Toutefois, on observe actuellement que le «service à la clé et individualisé» (organisation urbaine moderne) a réduit cette résilience à l'échelle de la communauté, de la famille et des personnes. Les futurs scénarios de gestion du risque de sécheresse exigent une connaissance préalable des comportements des populations et de leurs niveaux de vulnérabilité et de résilience.

1.2.3. Tendances récentes d'approche intégrée de la gestion de la sécheresse

La sécheresse a un impact multidimensionnel qui touche l'ensemble des secteurs d'activités de l'homme ainsi que son environnement, y compris naturel. Elle réduit le PIB d'un pays et se traduit par un manque à gagner en termes de richesse nationale et par des effets socioéconomiques négatifs parfois importants, comme l'aggravation du chômage, l'élargissement de la précarité et de la pauvreté dans les zones rurales et péri-urbaines, l'intensification de l'exode rural et de l'immigration et la ruralisation des villes. Le coût de la sécheresse englobe l'aspect financier (budget), économique (croissance, aménagement du territoire), social (pauvreté, vulnérabilité) et culturel (exode, déracinement); de plus, les écosystèmes perdent leur équilibre naturel (lacs, pâturages et forêts, faune et flore).

Sous la pression des changements climatiques et de la succession d'événements secs, la communauté internationale a souligné l'importance de faire face à la sécheresse à travers les objectifs de développement durable (ODD).

En 2015, les Nations Unies ont approuvé les 17 objectifs de développement durable (ODD) qui synthétisent un ensemble de cibles quantifiées à atteindre à l'horizon 2030. Face aux risques de la sécheresse, les pays de l'UMA se sont engagés à mettre en œuvre les ODD proposés par les Nations Unies. La sécheresse est abordée dans les ODD 2, 6, 15 et 13 (tableau 1) et la cible 3 de l'ODD 15 traite directement de la sécheresse.

Tableau 1. ODD mentionnant la sécheresse et les cibles à l'horizon 2030

ODD	Cible
ODD 2. Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.	2.4 ✓ D'ici à 2030, assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production, contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols.
ODD 6. Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.	6.4 ✓ D'ici à 2030, augmenter considérablement l'utilisation rationnelle des ressources en eau dans tous les secteurs et garantir la viabilité des retraits et de l'approvisionnement en eau douce afin de tenir compte de la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui souffrent du manque d'eau.
ODD 13. Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.	13.1 ✓ Renforcer, dans tous les pays, la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat. 13.2 ✓ Incorporer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationales. 13.3 ✓ Améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la réduction de leur impact et les systèmes d'alerte rapide.
ODD 15. Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des sols et mettre fin à l'appauvrissement.	15.3 ✓ D'ici à 2030, lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés , notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des sols.

Les lignes directrices d'une vision pour la résilience à la sécheresse au Maghreb et d'un éventuel programme régional, ainsi que le renforcement des programmes de pays pour la lutte contre la sécheresse, doivent faire référence aux ODD signalés ci-dessus et aux cibles à l'horizon 2030. Il faudrait consacrer une décennie à la lutte contre la sécheresse dans la région du Maghreb, et à l'achèvement d'une partie des objectifs d'un développement durable dans la région. Le développement d'une gestion proactive et d'un système d'alerte précoce serait le pilier d'un tel programme régional.

La littérature souligne que la lutte contre la sécheresse passe par le développement d'un bon système d'alerte précoce (SAP), garantie de réussite pour tout programme de préparation ou de résilience à la sécheresse au XXI^e siècle (prévision, suivi et préparation). Ces systèmes d'alerte précoce à la sécheresse intègrent des données distribuées au niveau spatiotemporel, climatiques, hydrologiques, environnementales et socioéconomiques, touchant à des activités dans de nombreux secteurs affectés par la sécheresse. Cette démarche interpelle les autorités, les responsables et les acteurs engagés dans la gestion de la sécheresse, qui ont besoin de systèmes qui les aident à décider dans ce contexte.

1.2.4. Interrogations présentes pour appréhender la sécheresse

Certaines questions demeurent pour tous les décideurs et acteurs concernés par la sécheresse, qui souhaitent y apporter une réponse:

Interrogations générales

1. Quand l'absence de pluies en période normale commence-t-elle à préoccuper les usagers et impacter les secteurs socioéconomiques et environnementaux?
2. Quand les températures élevées commencent-elles à avoir un impact négatif sur la demande en eau et sur les stocks d'eau, sur l'irrigation, sur l'élevage et sur les productions hydroélectriques, sur les usages industriels et miniers en particulier?
3. Quelle est la progression de la prévision et de l'état des indicateurs de sévérité d'une sécheresse, périodiquement et à chaque décade par exemple?
4. Quand faut-il lancer l'alerte précoce?
5. Quelles seront la préparation et la réponse à court et moyen terme?
6. Quelles mesures prendre, quand et où?
7. Quels sont les impacts sur les usages prioritaires: eau potable, abreuvement et énergie?
8. Quels sont les impacts sur les productions agricoles (pluviales, irriguées et aquaculture), afin de préparer une réponse adéquate (par ex., importations de produits stratégiques)?
9. Jusqu'à quand et où résisteront les parcours?
10. Faut-il prévoir des importations et quel est le meilleur moment pour le budget de l'État?
11. Comment les écosystèmes répondent-ils au stress hydrique?
12. Quels sont les impacts sociaux, surtout sur les secteurs d'activités importants pour la paix sociale et sur les franges les plus vulnérables de la société?
13. Quels sont les impacts sur la croissance pour le pays?

Aider à décider et communiquer

14. Comment transformer la réponse d'une réaction à la construction d'une réponse proactive?
15. Quelle est l'opportunité d'un cadre régional d'aide à l'alerte précoce et à la résilience à la sécheresse? Quelles seraient la valeur ajoutée et la complémentarité avec ce qui existe au niveau national?

1.2.5. Exemples et initiatives

L'expérience internationale permet de trouver quelques réponses à ces questions en les situant dans leurs contextes, et d'enrichir les démarches des pays et du cadre régional du Maghreb pour la collaboration technique quand cela est faisable.

Aux États-Unis d'Amérique, le système national intégré d'information sur la sécheresse (NIDIS) est un organisme d'alerte précoce à la sécheresse et d'aide à la décision pour l'ensemble du pays, qui implique les capacités de nombreuses institutions d'expertise et de recherche spécialisées, comme le Centre de réduction des effets des sécheresses de l'Université du Nebraska, de manière à tenir compte des spécificités locales et d'adapter en conséquence les plans de réponse à la sécheresse.

Cet exemple de l'expérience américaine souligne l'importance de la proactivité dans la réponse à la sécheresse. Elle est appuyée en cela par une planification à différentes échelles de temps (interannuelle, saisonnière), et emploie les outils et les moyens de prévision et d'alerte précoce au niveau national et régional.

Une démarche proactive dans l'approche de gestion de la sécheresse peut atténuer les effets, et faire économiser beaucoup d'efforts et d'argent en évitant les situations de crise. En effet, les institutions nationales et internationales agissent pour faire face à la sécheresse, sur le plan technique, institutionnel, légal et financier, mais les réponses et la rapidité du retour à l'état normal restent tributaires des capacités de ces institutions.

De même, les objectifs stratégiques de la FAO intègrent la sécheresse, sa caractérisation, ses impacts dans la vie des personnes et dans la gestion et le devenir des ressources naturelles. La FAO intègre dans ces actions la résilience à la sécheresse. Une attention particulière est portée à l'agriculture familiale et à la vulnérabilité à la sécheresse, surtout pour l'agriculture pluviale, les petits exploitants et les éleveurs. À titre d'exemple, lors de la sécheresse de 1993-1994, la production céréalière pluviale, pratiquée par la majorité des petits agriculteurs au Maroc, est passée de 9,6 millions de tonnes à 1,7 million de tonnes, touchant de plein fouet le PIB agricole qui a chuté de 45 pour cent et donc le PIB national qui a diminué en conséquence (FAO, 2018).

Lors de ces événements secs, la diminution des ressources en eau de surface ou souterraines pose les questions d'allocation des ressources en eau et en terres et d'arbitrage entre les usages pour éviter les conflits. Dans les plans de sécheresse, les mécanismes d'arbitrage, les allocations des ressources naturelles et le soutien aux plus vulnérables sont alors intégrés et délégués aux agences des bassins.

Partant du constat des effets des changements climatiques et de l'évolution des paramètres de la sécheresse, en termes d'intensité, durée et fréquence, les agences des Nations Unies (CNULCD, FAO, OMM) ont déclaré en 2013, lors d'une réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse, leur appui au développement et à la mise en œuvre de ces politiques, basées sur les piliers suivants:

- développer une approche proactive de la gestion des sécheresses, et la planification de mesures préventives et de gestion des risques, en utilisant les outils scientifiques et technologiques à disposition ou en les développant par la recherche, en plus de la communication et de l'information des acteurs intéressés;
- un système collaboratif régional vient appuyer le système national d'observation, d'information, de pilotage et de gestion proactive. L'action régionale concertée renforcera la réponse proactive et l'alerte précoce et évitera la duplication des efforts;
- améliorer la collaboration avec les acteurs concernés, surtout en termes d'alerte précoce et de mise en œuvre des mesures de préparation aux effets de la sécheresse;
- promouvoir des approches normalisées pour l'évaluation des impacts et du degré de vulnérabilité des individus et des groupes ou communautés;
- promouvoir des actions de préparation et de réduction des impacts des sécheresses, y compris environnementaux;
- renforcer les actions de résilience à la sécheresse.

L'UMA, dans un rapport, appelle à disposer d'un système d'alerte précoce sous-régional, qui serait une composante du programme en cours de lutte contre la désertification, ainsi que des outils permettant la gestion de la sécheresse qui sont clairement indiqués dans les plans nationaux de lutte contre la désertification des cinq pays du Maghreb (UMA, 2011).

D'un point de vue technique et institutionnel, la prévision et l'alerte précoce peuvent être renforcées par une coopération plus appuyée dans un cadre régional, d'autant plus que l'ensemble des pays du Maghreb ont déjà subi la même sécheresse simultanément en 2015-2016.

La prévision et l'alerte précoce nécessitent une collecte et un échange d'informations, de connaissances et une coopération harmonisée entre les institutions et les acteurs dans un même pays, mais aussi un relais de coopération entre pays de la même région partageant les mêmes phénomènes et défis climatiques.

Il est important de signaler le rôle de plus en plus effectif des partenariats avec la société civile et les acteurs de la politique de gestion de la sécheresse. Le renforcement de la communication entre les gestionnaires de la sécheresse et leurs partenaires apporte de l'efficacité dans la mise en œuvre du plan sécheresse et permettra l'évaluation a posteriori des actions et des impacts.

Les plans de gestion intégrant une approche participative, ce qui signifie des responsabilités partagées, favorisent l'exécution des consignes, surtout pour la gestion des ressources naturelles, et la réduction des effets de la sécheresse. Sans ce partenariat, les conflits peuvent éclater à tout moment entre les individus ou les communautés, ou bien les ressources peuvent être surexploitées, provoquant des effets parfois irréversibles sur les nappes et favorisant l'érosion et l'avancement de la désertification.

Dans tous les pays du Maghreb, il existe des risques de conflits sur les ressources en eau et en terres et, pour éviter cela, les gouvernements déploient des mesures, principalement organisationnelles et financières, qui incitent à la participation des acteurs impactés par la sécheresse aux plans de gestion de la sécheresse, en créant par exemple des facilités de crédit.

À moyen et long terme, les pays mettent en place des programmes d'organisation des petits agriculteurs les plus vulnérables à la sécheresse dans des associations, en assurant leur formation et en les incitant à transformer leur production et à introduire des activités autour de leur exploitation pour découpler leur revenu du risque de sécheresse (projets de développement rural intégré, surtout pour les femmes rurales, transformation des produits de l'élevage, formation pour l'accès aux marchés de l'artisanat et de l'agrotourisme). L'exemple est donné par la stratégie nationale de croissance accélérée et de prospérité partagée en Mauritanie (SCAPP 2016-2020) qui a développé de telles activités, en se concentrant sur la diversification des activités économiques des plus vulnérables dans le monde rural agricole.

Ces exemples montrent comment les tendances de la gestion des sécheresses (OMM et GWP, 2014) mettent l'accent sur la participation dans la mise en place des plans, la mise en œuvre des actions d'atténuation ou d'adaptation et leur évaluation. La résilience à la sécheresse en sera renforcée.

1.3. INDICATEURS DE SÉCHERESSE DANS LE CONTEXTE MAGHRÉBIN

1.3.1. Revue des indicateurs de sécheresse

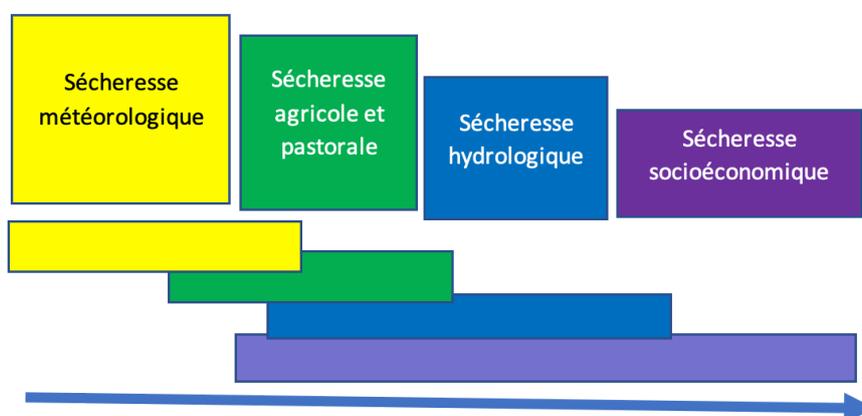
Pour pouvoir disposer d'indicateurs de sécheresse, il faut revenir vers les définitions de la sécheresse. L'organisation météorologique mondiale (OMM) définit la sécheresse comme suit: «La sécheresse est une période sèche prolongée au cours du cycle climatique naturel qui peut se produire n'importe où dans le monde».

Le Centre national d'atténuation de la sécheresse de l'Université du Nebraska (NDMC) avance la même définition se basant sur les déficits pluviométriques qui causent des baisses ou des pertes de rendements des cultures: «La sécheresse est une période prolongée de précipitations déficitaires entraînant des dégâts importants pour les cultures et une perte de rendement conséquente.»

Sur le plan conceptuel, les sécheresses se manifestent de plusieurs manières et en cascade, de cause à effet. Elles sont classées selon leur type d'impact et selon les ressources naturelles, principalement l'eau et les terres, qui sont impactées de manière directe et génèrent à leur tour des effets sur leur environnement.

Pour les pays du Maghreb principalement agricoles, les sécheresses sont d'ordre météorologique, hydrologique, agricole et pastoral (schéma 1). La sécheresse météorologique survient, caractérisée par une durée, et ses effets et impacts sont ressentis même après la fin de l'événement sec.

Schéma 1. Sécheresses en cascade



La littérature scientifique avance plusieurs indicateurs de sécheresse, caractérisant chacun un déficit climatique à un moment donné, mais n'indiquant pas quand commence et finit une sécheresse pour un secteur socioéconomique ou un système naturel. L'indice de précipitations normalisé (SPI) (Mckee *et al.*, 1993) et celui de Palmer indiquant le degré de sévérité d'une sécheresse (Palmer, 1965) restent les plus utilisés. Au Maroc, l'indice SPI est utilisé par les assurances pour évaluer le degré de sévérité de la sécheresse. À titre d'exemple, le tableau 2 indique quelques indicateurs existants dans la littérature, la complexité de certains limite leur application effective et d'autres sont plus orientés vers des sécheresses agricoles ou météorologiques. Pour sa part, l'OMM a répertorié dans un manuel une cinquantaine d'indicateurs de la sécheresse (OMM, 2016).

Tableau 2. Exemples d'indicateurs de sécheresse

	Paramètres employés	Pas de temps	Base de l'indice
Indice Palmer de sévérité de la sécheresse (PDSI)	Pluie, ruissellement, température, évapotranspiration, mois ou années	Mensuel	Humidité du sol, bilan de l'eau dans le sol (apports, sorties eau, stock)
SPI	Pluie	Peut-être une saison ou biennuel	Déviations de la pluie par rapport à la moyenne (différence de la pluviométrie par rapport à la moyenne, pour un temps donné, divisée par l'écart type)
Indice de sécheresse effectif (EDI)	Pluie	Journalier	Pluie effective
Indice différentiel normalisé de végétation (NDVI)	Utilise les valeurs de radiance quotidiennes	Sept jours (pour réduire la contamination des nuages de la qualité des images satellitaires)	Mesure à partir d'images satellitaires de la verdure et de la vigueur de la végétation et identification du stress lié à la sécheresse

Source: OMM, 2016. www.droughtmanagement.info/indices/

La sécheresse en général, et agricole en particulier, fait surtout référence à l'usage de l'eau et des sols et à son impact. Voici, pour chaque pays du Maghreb, les types de sécheresses et leurs effets.

1.3.2. Sécheresse météorologique

La sécheresse météorologique survient lorsque les précipitations s'écartent de la normale sur une période prolongée. L'indice de précipitations normalisé est le plus souvent appliqué pour mesurer un déficit de précipitations pour différentes échelles de temps (mois, saison, année). Ces échelles de temps traduisent les incidences de la sécheresse sur les ressources et usages de l'eau. L'indice SPI apprécie la sévérité d'une sécheresse et sa variabilité spatiotemporelle (OMM, 2012):

$$SPI = \frac{(P_i - P_m)}{\sigma_i}$$

Où P_i est le cumul de la pluie pour une année i (ou autre pas de temps); P_m et σ_i , sont respectivement la moyenne et l'écart type des pluies observées, sur une longue période de référence et sans lacunes. L'indice SPI est, d'une part, représentatif d'une sécheresse météorologique et, d'autre part, ne requiert que les données historiques sur les précipitations. Il est entendu que la température ne peut qu'amplifier l'effet du déficit pluviométrique en augmentant l'évapotranspiration. L'indice SPI peut être complété localement par un indice de stress hydrique (WRSI) imposé aux cultures, aussi bien irriguées que pluviales. Les valeurs SPI sont classées en sept différents régimes de précipitations, de sec à humide (tableau 3). Une sécheresse sévit quand l'indice présente de façon continue une valeur négative inférieure à -1,0 et prend fin lorsque l'indice devient positif.

Tableau 3. Valeurs de l'indicateur SPI

VALEUR SPI	CATÉGORIE
≥ 2	Extrêmement humide
1,50 à 1,99	Très humide
1,00 à 1,49	Modérément humide
0,00 à 0,99	Légèrement humide
0,00 à - 0,99	Légèrement sèche
-1,00 à -1,49	Modérément sèche (sécheresse modérée)
-1,50 à -1,99	Très sèche (sécheresse sévère)
$\leq -2,00$	Extrêmement sèche (sécheresse extrême)

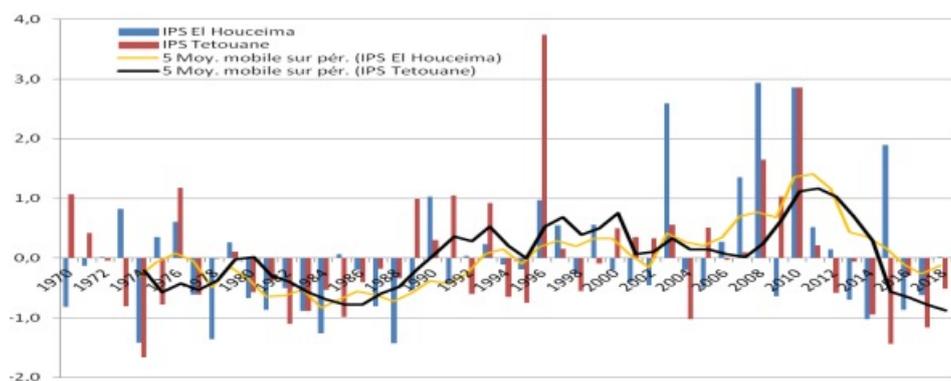
Source: McKee *et al.* 1993.

En plus de la qualification de l'événement climatique, la durée et la fréquence sont importants à souligner, ainsi que les dates de début et de fin, de reprise des états climatique et hydrologique normaux et les impacts attendus (UNDRR, 2021).

- Maroc

Une classification du SPI élaborée au Maroc, à la lumière des travaux de chercheurs marocains (Sebbar *et al.*, 2019), présente la distribution temporelle des années sèches et humides, selon l'indicateur SPI (IPS dans le graphique). Le pourcentage des années sèches est de 38 pour cent et celui des années normales de 36 pour cent tandis que le pourcentage des années humides est de 26 pour cent. Les sécheresses des années 1980 étaient persistantes et ont duré de 3 à 5 années consécutives alors que celles des années 1990 ont été plus isolées (figure 1 et tableau 4).

Figure 1. Évolution annuelle de l'indicateur SPI à El Houceima et Tetouan (Maroc)



Source: Sebbar *et al.*, 2019.

Tableau 4. Pourcentage des années climatiques observées entre 1970 et 2018 à El Houceima et Tetouan (Maroc) selon l'indicateur SPI

CATÉGORIE	Pourcentage
Humide	26
Normale	36
Sèche	38

Source: Sebbar *et al.*, 2019.

■ Algérie

L'analyse des séries pluviométriques de quelques stations météorologiques en Algérie (Biskra, El Oued), montre, sur les moyennes mobiles de sept années, une alternance de périodes sèches et humides de durées variables, au cours desquelles l'événement sec peut durer quatre années successives ou moins et exceptionnellement huit années (Aziz *et al.*, 2007). Le tableau 5 montre que les années sèches occupent le tiers de la chronologie observée sur 90 ans mais, si l'on y ajoute les années normales, plus de 70 pour cent des années sont normales ou sèches. Un tiers seulement des années entrent dans la catégorie des années humides, supposées ramener des crues pour couvrir les années sèches, en cas d'existence d'ouvrages de stockage.

Tableau 5. Séquences sèches, normales et humides

Site	Années humides	Années normales	Années sèches	% d'années sèches
Méchéria	30	30	33	40
El Oued	33	10	40	48
Biskra	39	10	39	44

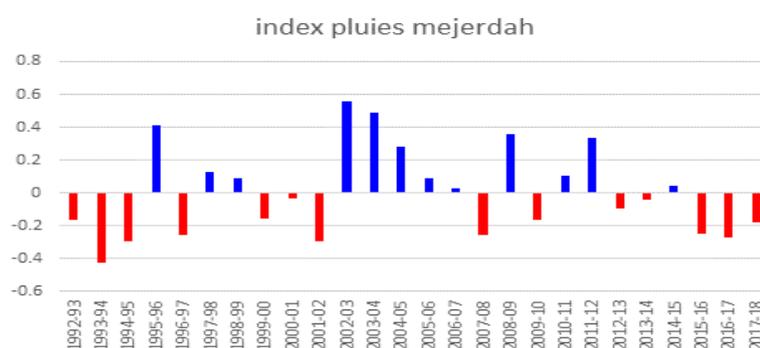
Source: Aziz *et al.*, 2007.

Dans une majorité de cas et dans les zones semi-arides de l'Algérie, 40 à 50 pour cent des événements climatiques sont plutôt secs, et les déficits pluviométriques se font ressentir sur les productions agricoles pluviales et le lessivage des sols irrigués en eau saumâtre (surtout dans les oasis), ou dans la recharge des nappes de surface et la disponibilité des points d'eau pour l'élevage extensif et la transhumance.

■ Tunisie

La série chronologique 1950-2013 sur le bassin de la Medjerda (Lebdi, 2020) fait apparaître une prépondérance d'années modérément sèches à sèches (figure 2). La succession d'années fréquemment sèches est structurelle dans les séries enregistrées en Tunisie. Par analogie avec les pays du Maghreb (similitude météorologique, hydrologique, agroécologique), cette remarque peut être extrapolée à toute la région du Maghreb sans grands écarts.

Figure 2. Indice centré réduit calculé pour les pluies annuelles - (événements secs en rouge) - Medjerda -Tunisie



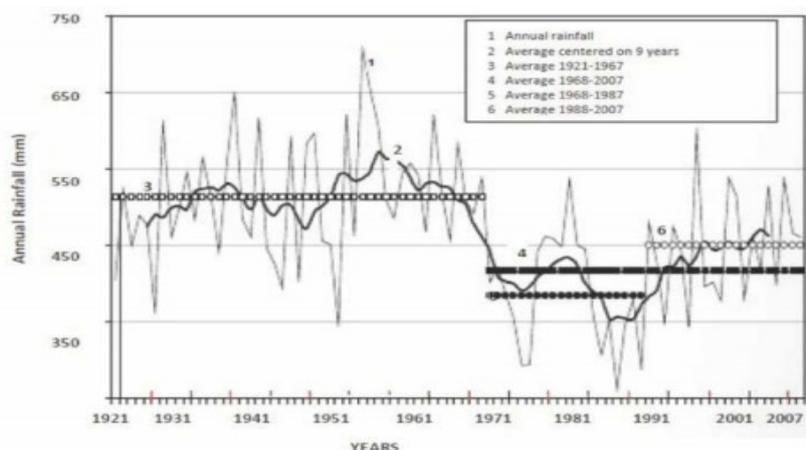
Source: Lebdi, 2020.

■ Mauritanie

De même, en Mauritanie, l'évolution de la pluviométrie dans la région de Nouakchott montre une fréquence accrue des cycles secs, comme cela a été le cas entre 1970 et 1990, avec l'occurrence de seulement deux années pluvieuses (1975 et 1988).

La figure 3 montre la chronologie des pluies moyennes annuelles, et les séquences plus ou moins longues de sécheresses (années 1970 et 1980). Les auteurs font remarquer un glissement de l'isohyète 150 mm calculé pour 1977-1987, vers l'ancien emplacement de l'isohyète 250 mm (Ozer *et al.*, 2010). L'aridité conjuguée à la sécheresse gagne du terrain.

Figure 3. Moyenne annuelle des pluies dans la région de Nouakchott (Mauritanie)

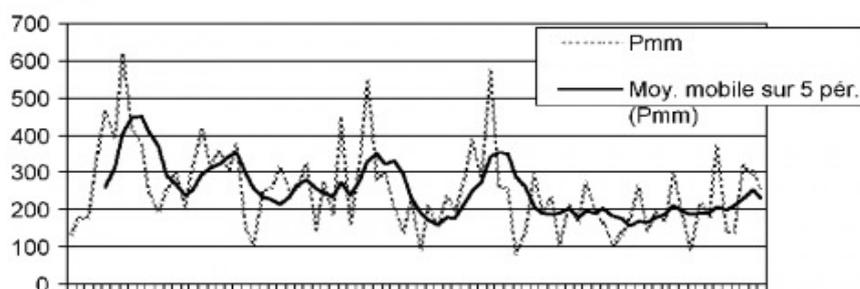


Source: Ozer *et al.*, 2010.

L'analyse des données de la station pluviométrique d'Aleg, en Mauritanie, montre un déficit moyen de 31 pour cent sur la période 1972-2000 par rapport à la période 1921-1971 (Elghadi *et al.*, 2004). Les moyennes mobiles sur cinq ans, calculées sur une série pluviométrique de 1921 à 2000, confirment cette tendance à des périodes plus sèches sur le plan météorologique et des périodes pluriannuelles de déficits pluviométriques (figure 4).

Figure 4. Moyenne annuelle des pluies à Aleg (Mauritanie)

Aleg Pmm (1921-2000)



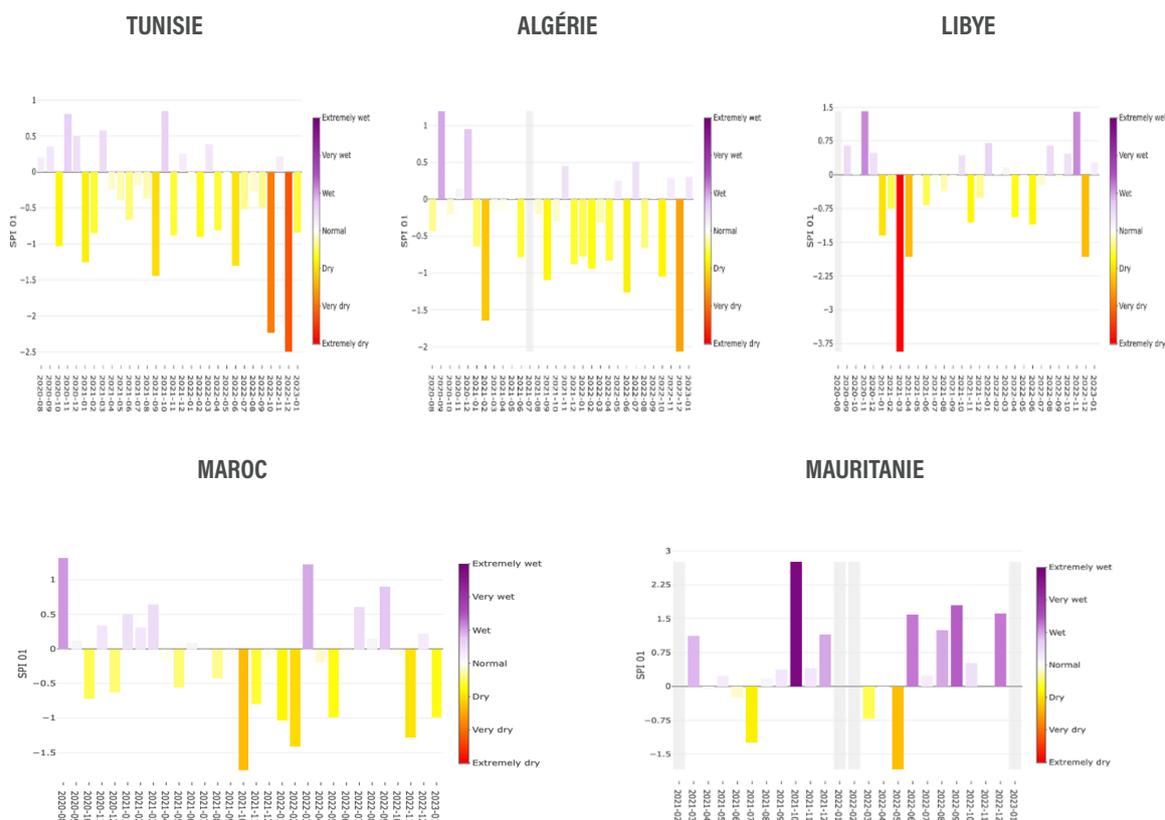
Source: Elghadi *et al.*, 2004.

Retour sur la sécheresse 2021-2022 et début 2023 dans trois pays du Maghreb

Les déficits par rapport à la moyenne pluviométrique ont été constatés dans plusieurs régions du Maghreb depuis le début de l'année 2021, exception faite au Maroc où la sécheresse a commencé à se faire sentir sur l'agriculture à partir du mois d'avril 2021 (GDO, 2023).

En Tunisie, l'indice de précipitations standardisé SPI montre une séquence sèche persistante en avril et octobre 2021 et puis en 2022. L'intensité de l'événement est considérée assez faible (SPI entre -1 et 1) de mars à octobre (hormis les mois d'été). L'événement sec en Tunisie se caractérise par des valeurs du SPI > -2 entre octobre 2022 et janvier 2023, à savoir pendant les mois de besoins en eau pour les semis des grandes cultures. En Algérie, la séquence sèche est plus longue mais aussi moins sévère que celle observée en Tunisie. Au Maroc et en Mauritanie, la sécheresse est plus persistante et moins sévère qu'en Tunisie, Libye ou Algérie entre 2021 et 2022. Ceci est indiqué dans la figure 5 suivante qui exprime les indices de précipitation normalisés pour la période 2021-2022.

Figure 5. Indices de précipitation normalisés pour la période 2021-2022



Source: GDO, 2022.

Les mesures prises pour faire face à ces événements secs vont des projets à long terme aux mesures d'urgence. À long terme, le dessalement d'eau de mer est en pleine expansion. Au Maroc, le dessalement vise, outre la satisfaction de l'eau potable, la réponse à la demande agricole croissante, surtout pour réduire la pression sur les nappes côtières sollicitées et encourager les cultures de rente destinées à l'exportation (Agadir et Souss Mass). En Tunisie, des déficits sont constatés dans la satisfaction de l'eau potable dans certaines régions qui ont misé principalement sur les ressources souterraines, et le dessalement d'eau de mer est en développement continu pour parer à ces déficits structurels. Le dessalement continue aussi à se développer ailleurs au Maghreb et surtout en Algérie.

Photo EPA - Barrage Chiba, Nabeul, mars 2023



En parallèle à ces mesures stratégiques, les efforts se poursuivent pour renforcer les actions d'économie d'eau dans l'agriculture, qui est le plus grand consommateur des ressources en eau. Les mesures d'urgence ont consisté à réduire la pression dans les réseaux d'eau potable pour entraîner moins de consommation, à interdire les prélèvements illicites dans les nappes d'eau et à rationner les allocations et les orienter vers la sauvegarde de l'arboriculture et vers les cultures stratégiques (irrigation d'appoint des céréales).

En avril 2023, la Tunisie accuse, de manière exceptionnelle, un déficit spectaculaire puisque le stock d'eau global dans les barrages ne dépasse pas 30 pour cent de la capacité et est évalué à seulement 17 pour cent de la capacité dans le barrage principal du pays (Sidi Salem). Les retenues de plusieurs barrages sont à sec comme dans le cas du barrage Chiba au nord de la Tunisie.

Des mesures importantes ont été prises par les décideurs tunisiens et comprennent l'interdiction de l'irrigation des maraîchages, la priorité étant accordée à l'eau potable et à la sauvegarde du patrimoine arboricole, et il est même interdit de laver sa voiture sous peine de contravention. L'approvisionnement en eau potable de certaines zones est assuré à partir de citernes tractées, et il est prévu le transfert des eaux entre bassins et à partir des eaux souterraines. Cette sécheresse met le secteur des céréales à rude épreuve puisque l'on s'attend à une récolte couvrant uniquement 12,5 pour cent des besoins du pays et équivalente au tiers de la récolte atteinte en 2022. Le secteur agricole contribue à hauteur de 10 pour cent au PNB du pays et met surtout à disposition sur le marché des produits stratégiques pour l'alimentation. La mise en place d'un comité de crise va permettre de gérer la crise en continu et un fonds de crise est ouvert face à la sécheresse pour gérer les urgences.

1.3.3. Sécheresse hydrologique

La sécheresse hydrologique survient quand l'état des ressources en eau de surface et les réserves souterraines affichent un déficit d'apport par rapport à la normale. Elle se manifeste à travers les crues dans les oueds, les apports dans les réservoirs des barrages ou l'inertie des nappes, dans la piézométrie des aquifères souterrains. L'analyse des séries chronologiques des apports API (i représente l'année dans ce cas), de la déviation par rapport à la normale (APm), et considérant σ_i qui est l'écart type relatif aux apports, renseigne sur la sécheresse hydrologique. Le calcul d'un indice standard des apports d'eau SAI (dans un oued ou une retenue de barrage par exemple), réponse du bassin versant à une pluie et un ruissellement, est le suivant:

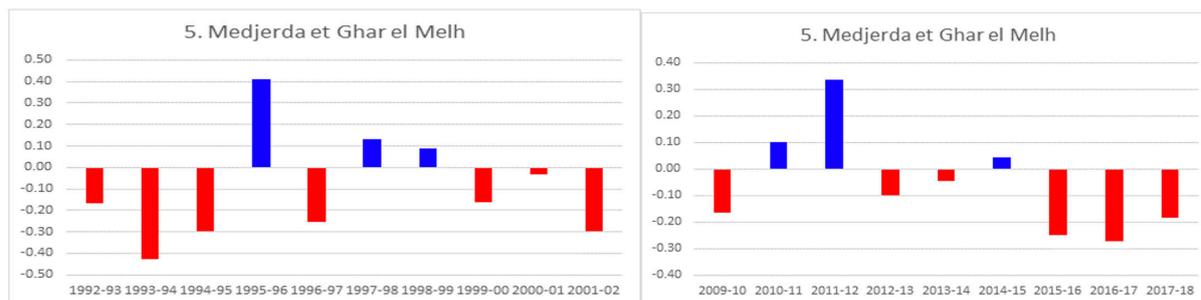
$$SAi = \frac{(APi - APm)}{\sigma_i}$$

▪ Tunisie

L'indice de sécheresse hydrologique SAI défini ci-dessus renseigne sur l'écart négatif des apports par rapport à la normale et peut dépasser 40 pour cent pour des années sèches (en rouge sur la figure 6). Sur la décennie 1992-2002, sept années sur 10 ont des écarts négatifs par rapport à la normale compris entre -0,1 et -0,45 pour cent, dont trois années qui ont des indices inférieurs ou proches de -0,3 et sont modérément sèches. Ceci confirme l'occurrence de cycles hydrologiques secs de différentes durées, fréquences d'apparition et intensités. Cela laisse entrevoir des impacts modérés ou majeurs, mais confirme que le phénomène de sécheresse hydrologique est structurel dans la région du Maghreb.

La décennie 2009-2018 a connu les mêmes situations de sécheresse de 2015 à 2018 avec des déficits d'apports très accentués sur le bassin de la Medjerda. En effet, les écarts par rapport à la normale des apports montrent une succession fréquente de trois années sèches avec des déficits allant de -0,2 à - 0,3 pour cent. Dans ce genre de situation, la gestion interannuelle, qui intègre la possibilité d'événements secs, prend toute son importance avec les grands réservoirs lorsque l'infrastructure est présente.

Figure 6. Indice par rapport à la normale des apports de la Medjerda



1.3.4. Sécheresse agricole

Dans la région du Maghreb, les céréales conduites en pluvial sont les cultures les plus exposées aux aléas de la sécheresse. Elles constituent la majeure partie des cultures pluviales et ont une place stratégique dans l'économie et la sécurité alimentaire des pays de l'UMA (blé, orge, fourrage). La période octobre-décembre est celle des semis. Lors d'un événement sec et d'un déficit pluviométrique conséquent durant cette période, les semis sont compromis. La période mars-avril est, elle, primordiale pour la garantie de la récolte. Au Maghreb, la sécheresse agricole est fortement corrélée à la production céréalière. Un indice de déficit pluviométrique (IDP) a été appliqué au Maroc et corrélé aux productions céréalières pour faire ressortir les incidences d'une sécheresse agricole. Cet indice exprime l'écart par rapport à la normale mensuelle de la pluviométrie du mois, normalisé par rapport à la moyenne annuelle:

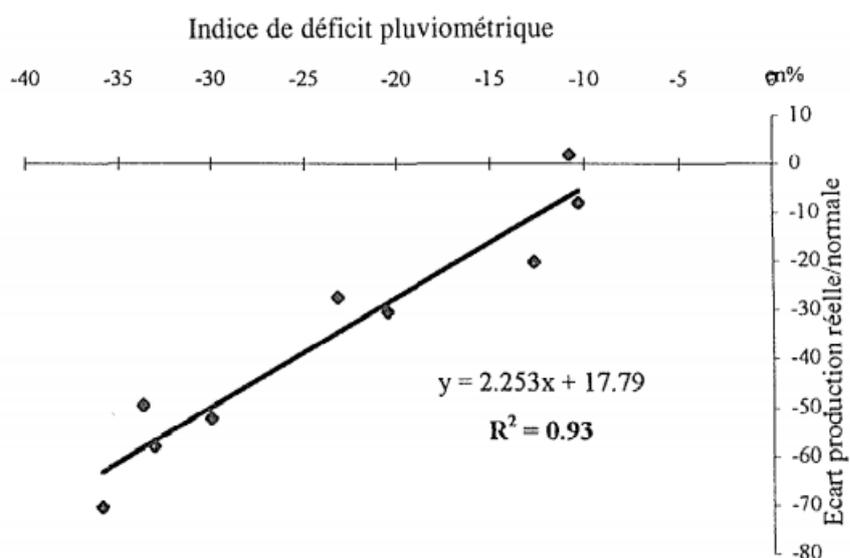
$$IDP = \frac{100 (Pi - Pm, i)}{Pm, a}$$

Pi représente la pluie du mois i pour l'année a; Pm,i est la pluie moyenne du mois i et Pm,a représente la pluie moyenne de l'année a. La sécheresse agricole, faisant référence à la satisfaction des besoins en eau des cultures, reste une notion très relative et certaines recherches s'emploient à trouver les variétés résistantes à la sécheresse pour les cultures les plus importantes de l'économie des pays.

■ Maroc

L'amélioration continue des techniques culturales peut rendre une année relativement bonne en production malgré un déficit pluviométrique modéré par rapport à la moyenne observée précédemment. La figure 7 montre les incidences d'un déficit pluviométrique sur les écarts de production par rapport à une moyenne interannuelle. La sécheresse météorologique induit une sécheresse agricole représentée par un déficit important en production céréalière. Elle fragilise la sécurité alimentaire et la préservation du cheptel, et génère d'éventuels conflits lorsque la concurrence s'installe en période de sécheresse pour les ressources naturelles.

Figure 7. Relation entre l'indice de déficit pluviométrique (décembre-février) au Maroc et le déficit en production céréalière nationale

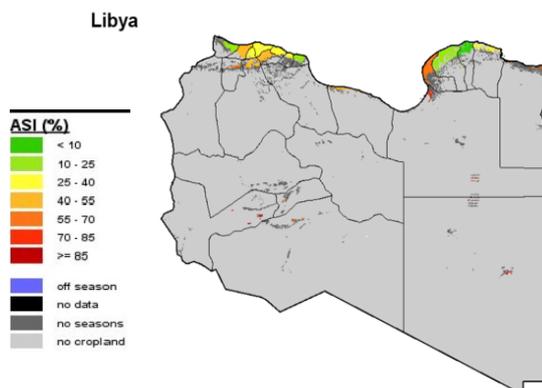


Source: Barakat *et al.* 1998.

■ Libye

Dans le cadre de l'initiative Main dans la main, et en se référant à la plateforme du Système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture (SMIAR), il a été utilisé un indice de stress agricole (ASI) pour permettre d'identifier des zones agricoles sous stress hydrique. La moyenne d'un indicateur de la santé végétale (VHI) est déterminée sur la base d'observations des températures et de l'humidité des sols à partir d'images satellitaires. Lorsqu'une valeur VHI est mesurée, elle est comparée à la moyenne du même indicateur sur 36 années d'observations. Si elle est inférieure de 35 pour cent à la moyenne, il est déclaré un état de sécheresse dans la zone. La carte 1 correspond à l'année 2021 et montre que la sécheresse atteint une majorité des terres cultivées, surtout sur la côte libyenne (ASI \geq 35 pour cent).

Carte 1. Sécheresse en Libye en 2021

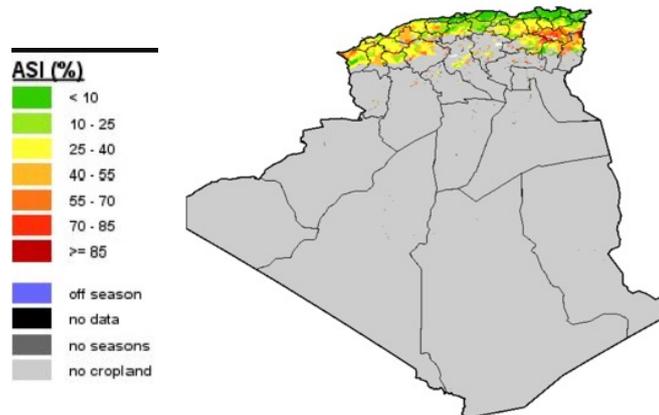


Source: FAO. 2021. Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2020) rendered by FAO Hand in Hand Geospatial plan. Rome.

▪ Algérie

La carte 2 montre la distribution spatiale de l'index de stress agricole. Elle révèle que, hormis les zones non cultivées et désertiques, le nord algérien a subi en moyenne, et sur la période d'observations 1986-2020, une sécheresse locale relativement peu intense sur 50 pour cent des terres cultivées, sauf pour certaines zones très localisées du nord-ouest (ASI \leq 35 pour cent).

Carte 2. Sécheresse en Algérie en 2021

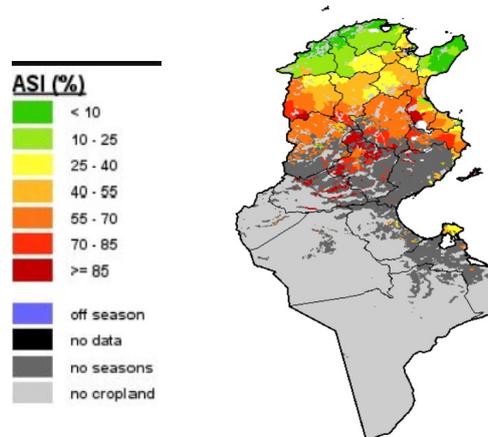


Source: FAO. 2021. Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2020) rendered by FAO Hand in Hand Geospatial plan. Rome.

▪ Tunisie

En Tunisie, l'extrême nord humide n'a pas subi de sécheresses intenses, mais celles-ci se déclarent sur plus de 50 pour cent des terres cultivées (carte 3), depuis le nord semi-aride et vers le sud (ASI \geq 30 pour cent). La Tunisie est sujette à des événements secs assez prononcés sur la base des observations des 36 dernières années.

Carte 3. Sécheresse en Tunisie en 2021



Source: FAO. 2021. Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2020) rendered by FAO Hand in Hand Geospatial plan. Rome.

1.3.5. Sécheresse pastorale

La sécheresse pastorale survient lors d'un déficit pluviométrique affectant les pâturages, la production de fourrages et l'abreuvement des troupeaux. Les pays du Maghreb ont une activité agricole qui les caractérise communément et qui touche le pastoralisme et la nécessité de produire du fourrage pour les différents types d'élevage (ovin, caprin et camélidés). Cette activité occupe une partie importante de la population des cinq pays maghrébins et concerne en général un contexte fragilisé sur le plan physique et naturel (parcours abîmés, sécheresses récurrentes, points d'eau taris, dégradation des sols, biomasse fragilisée), exacerbé par les activités humaines de surexploitation des ressources.

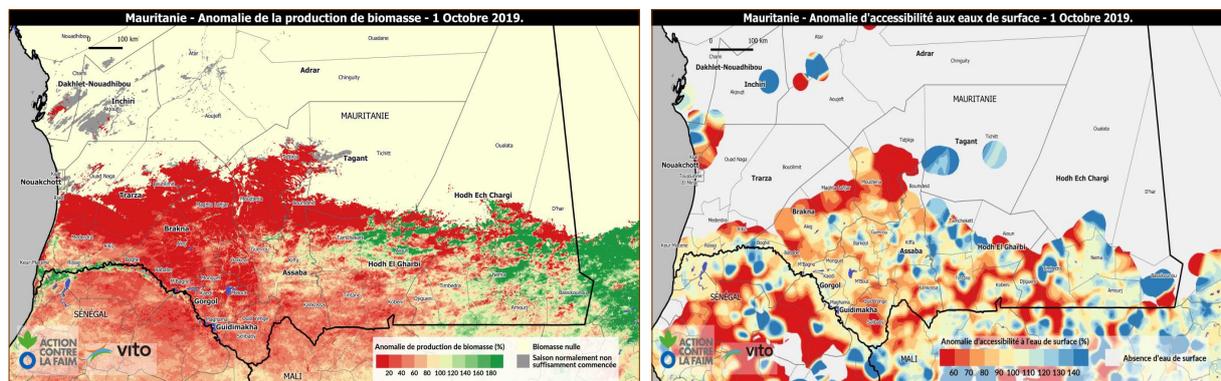
Il est à noter que le contexte du sud des pays du Maghreb est comparable à celui des pays du Sahel et une partie du territoire du Maghreb fait partie du contexte sahélien (cas de la Mauritanie sur le fleuve Sénégal).

▪ Mauritanie

La succession de séquences sèches et de retard des pluies affecte le stockage de l'eau pour l'abreuvement du bétail et la production de la biomasse nécessaire pour son alimentation dans plusieurs régions du pays. Les images satellitaires de la

carte 4 montrent un déficit en production de biomasse, qui a occasionné des pertes de bétail, compromis la saison agricole pour les céréales et les fourrages, retardé le calendrier des semis et raccourci la durée de la campagne agricole.

Carte 4. Anomalies de biomasse et d'accessibilité à l'eau



Source: LAMBERT, M.J., Ruiters, J. et Saley Bana, Z. 2019. *Production de biomasse en Mauritanie en 2019, analyses et perspectives pour 2020*. <https://sigsahel.info/wp-content/uploads/2019/10/MRT2019.pdf>.

En fait, l'agriculture en Mauritanie concerne des projets ponctuels de périmètres irrigués et de développement des ressources en eau et en terres, mais l'agriculture de décrue et l'agriculture pluviale restent essentielles, et sont toujours dépendantes des conditions climatiques et impactées par la sécheresse. L'élevage et l'activité pastorale prennent une place importante dans le développement socioéconomique du pays, dont une partie de la population rurale demeure vulnérable à la sécheresse. Il s'agit de la deuxième source d'exportation et cela représente 35 pour cent du PIB agricole et 13 pour cent du PIB total (UICN, 2006). Le système pastoral, en particulier, est très fortement contraint par la sécheresse, obligeant les éleveurs à se déplacer d'une zone de pâturage à l'autre et d'une source d'eau à l'autre. Les actions d'atténuation et d'adaptation revêtent une grande importance dans les plans de sécheresse en Mauritanie.

1.4. CARACTÉRISATION DU RISQUE DE SÉCHERESSE DANS LES PAYS DU MAGHREB

1.4.1. Quantification des paramètres du risque dans le contexte maghrébin

À l'instar de tout événement météorologique, climatique et hydrologique, un événement sec survient dans un domaine incertain où les données et variables caractéristiques (la pluie) ont une fréquence, durée et intensité observées (empiriques) ou statistiques, indiquant le degré de sévérité par rapport à un usage donné (agriculture pluviale, ressources en eau et agriculture irriguée, alimentation en eau potable, besoins environnementaux). De plus, un événement sec a une date de début, de cessation (l'arrivée des pluies), une fin qui fait référence aux impacts qui durent même si l'événement sec cesse bien avant, un mois de pointe et une zone touchée. Il est donc nécessaire d'utiliser des indicateurs pour quantifier la sévérité de la sécheresse, en utilisant les données précitées.

Le risque de sécheresse est défini en tant qu'événement sec perçu comme dangereux qui commence à affecter les éléments exposés à cet événement et qui sont jugés vulnérables (individus, groupes et communautés, usagers de l'eau et des terres dont les secteurs socioéconomiques et les écosystèmes) (UNDRR, 2018).

Le risque de sécheresse est une fonction f de la probabilité d'apparition de l'événement sec, et de la vulnérabilité des personnes, des biens ou des systèmes socioéconomiques et naturels affectés par cet événement:

$$\text{Risque sécheresse} = f(\text{probabilités d'apparition de l'événement, vulnérabilité})$$

Le risque de sécheresse s'adresse aux impacts de l'événement sec qui lui confèrent une sévérité relative. Il est entendu que la sévérité d'une sécheresse est mesurée relativement à ses éventuels impacts (par ex., déficits pluviométriques et impacts sur la récolte de céréales). Sa mesure peut être réalisée à partir des analyses des séries pluviométriques, et est associée aux dates de début et de fin de l'événement sec, à son intensité, au temps d'exposition, et indique le niveau des impacts éventuels (Byun *et al.*, 1999).

La sensibilité aux effets de la sécheresse et la capacité de s'y adapter ou de pouvoir réduire ces effets dénotent le degré de vulnérabilité face à un niveau de sévérité de sécheresse. Par conséquent, la résilience des acteurs physiques et naturels serait opportune pour pouvoir absorber le choc de l'événement sec, réduire les effets, s'y adapter puis finir par retourner à un état normal. Cette résilience serait encore renforcée si une alerte précoce est disponible pour s'y préparer.

Comme tout phénomène naturel qui a une trajectoire d'évolution dans le temps et dans l'espace, la sécheresse se déclenche à une date déterminée, évolue dans son intensité et degré de sévérité, passe par un pic puis décroît pour commencer à disparaître à la première pluie conséquente. Le tableau 6 reprend les définitions publiées par l'OMM ainsi que la pertinence des paramètres qui caractérisent l'événement sec.

Tableau 6. Paramètres caractérisant un indicateur de sécheresse

Paramètre	Description	Pertinence dans la région du Maghreb
Fréquence	Le nombre d'événements secs pendant la saison humide.	La saison humide a lieu chaque année de septembre à avril, et les pluies présentent une variabilité spatiotemporelle prononcée. La fréquence des événements secs impose un mode de gestion conséquent des ressources en eau et de la demande. Dans le secteur de l'agriculture, les événements secs peuvent survenir fréquemment pendant les phases végétatives les plus pertinentes et réduire l'espoir d'une bonne récolte.
Sévérité	La somme des déficits par rapport à un seuil fixé. La somme des différences entre les précipitations (par exemple) et l'évapotranspiration (considérée comme un seuil sélectionné représentatif d'un besoin en eau agricole). Cette définition de la sévérité marque la valeur quantitative du déficit de satisfaction du besoin en eau et renseigne sur l'importance de la sécheresse par rapport à l'usage.	Ce paramètre est important dans le système agricole pluvial, car il contribue avec d'autres paramètres (durée, fréquence, dates) à indiquer le degré probable de pertes en production pressenties, ainsi que l'opportunité de la date de semis début de campagne agricole. Dans les pays du Maghreb, les cultures céréalières pluviales sont primordiales dans le système agricole et dans le monde rural, et la sévérité de la sécheresse peut handicaper une saison agricole. Cela donne de l'importance au secteur irrigué qui doit couvrir les déficits pluviométriques provoqués par la sévérité de la sécheresse, du moins pour les cultures stratégiques des pays du Maghreb. Les variétés résistantes à la sécheresse, les techniques d'irrigation de complément et l'irrigation déficitaire ont été développées dans les pays grâce aux institutions de recherche nationales, principalement pour les cultures des céréales afin d'atténuer les effets de la sévérité de la sécheresse sur les ressources en eau et de garantir une production minimale.
Intensité	Peut correspondre aux déficits moyens mensuels (moyenne temporelle de la sévérité), c'est-à-dire: - la valeur de la sévérité (pendant les apports pluviométriques de septembre à avril), sur le nombre de mois de cette même période (huit mois dans ce cas).	Elle indique le niveau de sévérité de la sécheresse et dans quelle mesure il peut être globalement modéré ou dévastateur en termes d'impacts.
Durée	Nombre de jours ou de mois de l'événement sec.	Ce paramètre de la durée pris avec la sévérité est pertinent et très suivi par les usagers, les gestionnaires des ressources en eau, les pouvoirs publics (par ex. pour planifier d'éventuelles importations de produits de base) et les assureurs. Pour l'agriculture pluviale, si une sécheresse sévère perdure pendant les mois cruciaux de développement cultural, les récoltes sont compromises. Pour les gestionnaires de l'eau, si les apports hydrologiques sont limités, des plans de restriction et de conservation de l'eau sont mis en marche tandis que les assureurs préparent leur plan d'évaluation des impacts et de couverture des dégâts.
Date de déclenchement	Marque la reconnaissance d'un déficit pluviométrique relatif à un usage (évapotranspiration) qui persiste.	Ce paramètre est très suivi par les gestionnaires de l'eau et des usages de l'eau, en particulier si une sécheresse se déclenche pendant les périodes végétatives les plus cruciales pour la récolte. La reconnaissance de la date de déclenchement d'une sécheresse risque d'engendrer des impacts importants et appelle à se préparer à une crise. Des plans de gestion des sécheresses sont déclenchés. Elle peut symboliser le passage d'une période d'espérance d'apports pluviométriques à une période où la déclaration de l'événement sec déclenche des préparatifs pour sa gestion.

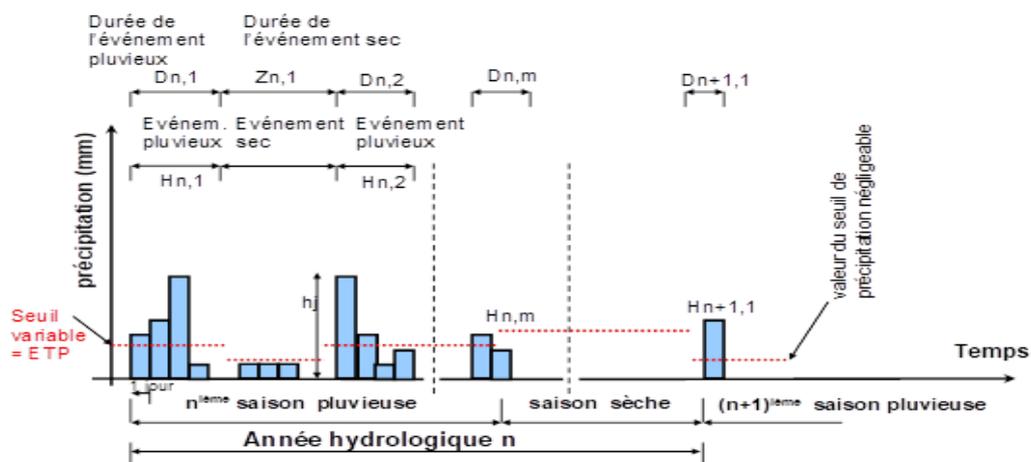
Paramètre	Description	Pertinence dans la région du Maghreb
Date de cessation	La météorologie redevient normale dans la mesure où les apports pluviométriques et les températures retournent à leurs valeurs normales, dans un intervalle de confiance probable autour de la moyenne. Les impacts sont positifs sur les ressources en eau, sur les cultures pluviales (le réservoir sol se remplit de nouveau) et sur les pâturages et les espaces naturels (lacs, écosystèmes).	Ce paramètre marque la période durant laquelle les apports pluviométriques couvrent les besoins en eau déclarés et marquent le début de sortie de l'événement sec.
Date de fin	Depuis la cessation de l'événement sec, les systèmes socioéconomiques et naturels ont eu le temps de retourner à un état normal de fonctionnement (conditions normales).	Le paramètre indique un retour aux conditions normales de la gestion des ressources en eau et en terres et des usages.

Source: OMM et GWP, 2016.

Ces variables et indicateurs de la sécheresse posent la question de la complexité de pouvoir les quantifier sur le terrain, dans le contexte maghrébin en l'occurrence. Le phénomène de sécheresse est trop incertain pour pouvoir déclarer a priori les dates de début et prévoir sa sévérité, sa durée et son intensité. Des questions demeurent pour la recherche dans les pays du Maghreb: la caractérisation des paramètres de la sécheresse qui arrive et les dates probables. Ceci permettra de mieux préparer l'alerte précoce, de comprendre les vulnérabilités et leurs racines dans le contexte maghrébin afin d'y remédier et d'améliorer l'efficacité des plans de gestion.

Un événement est classé sec dans le contexte agricole en considérant le déficit de pluie par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ou une fraction de l'ETP, et la durée, sans interruption pluviométrique, de ce déficit (figure 8). Cette représentation de l'événement sec reste liée à la considération de la notion d'ETP.

Figure 8. Représentation événementielle de l'année hydrologique



Source: Mathlouthi *et al.*, 2007.

Les auteurs ont développé la même définition pour caractériser les paramètres de sécheresse et considèrent une pluie comme effective lorsqu'elle dépasse le seuil de 0,1 mm par jour (pour la province de Guizhou en Chine) (Qin *et al.*, 2021), mais cette valeur est trop faible pour la situation semi-aride du Maghreb et exprime davantage une absence totale de pluie. La sécheresse est classée selon la variable durée et succession de journées sans pluie en trois catégories:

- a. pas de sécheresse: de zéro à cinq jours sans pluie;
- b. sécheresse faible: six à 10 jours sans pluie;
- c. sécheresse modérée: 11 à 15 jours sans pluie;
- d. sécheresse sévère: au-delà de 16 jours sans pluie.

Au Maghreb (cas du nord de la Tunisie, semi-aride), un événement sec survenu pendant la période pluvieuse est défini comme l'intervalle de temps entre deux jours pluvieux ayant eu au moins une pluie inférieure à une fraction de l'ETP. Il a été établi une caractérisation de la durée des périodes sèches sur cette base (ETP = 3,6 mm/jour) (Mathlouthi *et al.*, 2010).

Sur la base d'une série chronologique d'observations mensuelles des jours de pluies (38 années de 1968 à 2006, sur le site du barrage de Ghézala au nord de la Tunisie, il apparaît que seuls les mois de la période pluvieuse, entre septembre et avril, sont concernés par l'analyse de la sécheresse (le reste de l'année est très probablement sec) (Mathlouthi *et al.*, 2009).

Le tableau 7 résume l'analyse des périodes sèches mensuelles et montre que la durée moyenne de l'événement sec varie considérablement selon les mois (aucune justification statistique pour cette variation n'a été trouvée, l'aspect aléatoire est très fort). Durant les trois mois de la saison hivernale (décembre à février), la durée moyenne de la période sèche est de 11,7 jours.

Les mois d'automne et du printemps affichent des durées moyennes d'événements secs autour de 15 jours. Néanmoins les écarts types se situent autour de 7 à 8 et les coefficients de variation entre 0,5 et 0,6, ce qui laisse entendre qu'il y a une grande dispersion autour de ces valeurs moyennes.

Tableau 7. Durée moyenne en jours de la période sèche mensuelle pendant la saison de pluies

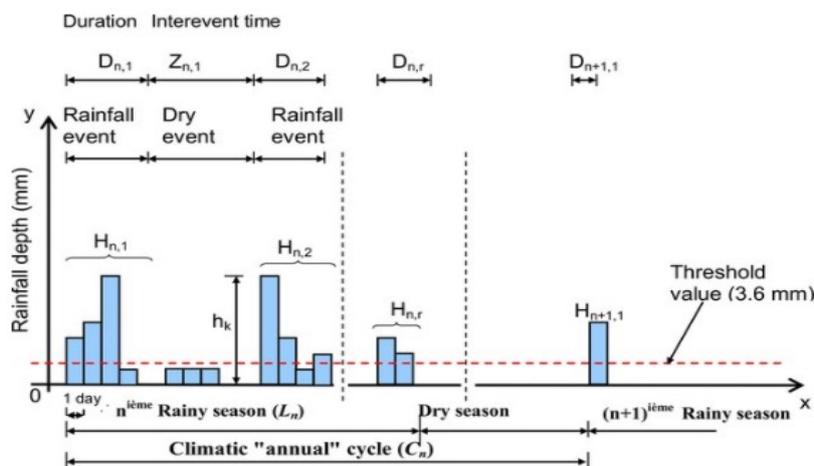
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Moyenne de la durée (jours)	15,3	14,7	10,0	11,7	11,6	11,7	12,5	14,4
Écart-type (jours)	7,66	7,54	5,31	5,66	6,76	7,95	5,14	8,45
Coefficient de variation	0,5	0,51	0,53	0,48	0,58	0,68	0,41	0,58

Source: élaboré par les auteurs.

La sévérité de la sécheresse mesurée en nombre de jours (Qin *et al.*, 2021) a une signification relative au Maghreb. Elle se compte surtout en nombre de jours de déficits pluviométriques qui peuvent affecter l'agriculture et les cultures pluviales (céréales et fourrages), la biomasse et les pâturages ainsi que les stocks des ressources en eau. Cette sévérité dépend des caractéristiques du réservoir sol et de sa capacité de stockage à servir comme tampon. La majorité des cultures céréalières se situent dans des zones à sols argileux qui résistent mieux à la durée des événements secs.

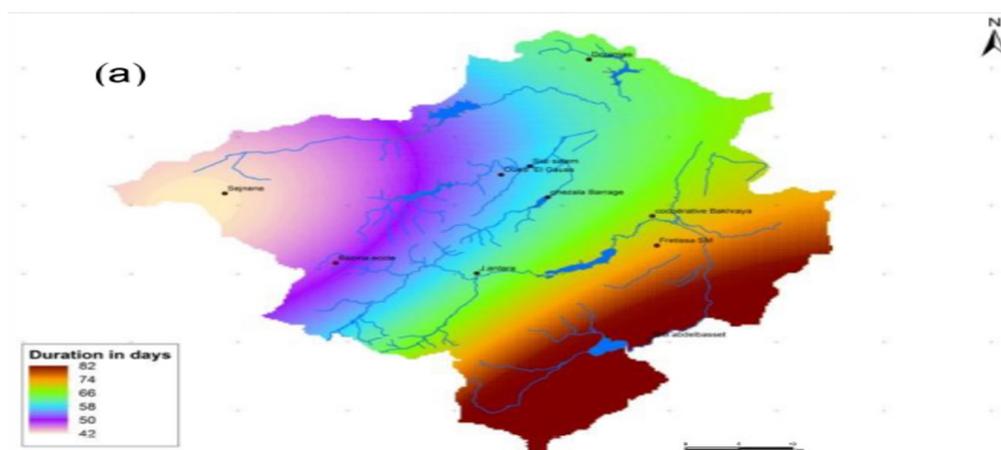
En prenant en considération un jour sec (3,6 mm/jour de pluie, soit l'évapotranspiration pendant les saisons des pluies) sur 42 années d'observations de pluies journalières, la durée de jours secs a été spatialisée pour un bassin du nord tunisien (Ghézala) (figure 9, carte 5). La carte montre les durées maximales d'événements secs et exprime la sévérité de la sécheresse dans cette zone (somme des déficits pluviométriques par rapport au seuil de l'évapotranspiration potentielle). Elle est assez remarquable dans le sens où la durée d'un événement sec pendant la saison d'apports pluvieux dans une zone climatique classée subhumide à semi-aride peut aller de 42 à 80 jours, ce qui va certainement hypothéquer toute culture pluviale, en particulier les cultures de céréales et de fourrages, et rendre sèche l'année agricole.

Figure 9. Identification des événements secs (bassin de Ghézala, nord de la Tunisie)



Source: Mathlouthi et Lebdi, 2020.

Carte 5. Durées maximales des événements secs (bassin de Ghézala, nord de la Tunisie)



Source: Mathlouthi, M. et Lebdi, F. 2020. *Estimating extreme dry spell risk in Ichkeul Lake Basin (Northern Tunisia): a comparative analysis of annual maxima series with a Gumbel distribution*. IAHS, 383, 241-248. <https://doi.org/10.5194/piahs-383-241-2020>, 2020.

Pour les autres usages de l'eau comme l'alimentation en eau potable, les industries et la fourniture de l'eau dans les périmètres irrigués, les capacités de stockage des barrages lors des années humides permettent d'avoir un effet de régularisation interannuelle. Les agriculteurs, de leur côté, ont développé des techniques culturales, comme le paillis, qui permettent de réduire les effets de l'évaporation et la sévérité de la sécheresse et ont également développé, à l'échelle familiale, des techniques de récolte de l'eau de pluie.

Cette analyse ne fournit pas la fréquence de ces événements et n'indique pas la relation entre la fréquence et la durée des périodes sèches. Pour estimer cette fréquence, quatre classes de durées de périodes sèches observées ont été définies: 1 à 7 jours, 7 à 14 jours, 14 à 21 jours et 21 à 28 jours (Mathlouthi *et al.*, 2010). En déterminant le nombre d'événements secs par classe de durée de la sécheresse, la fréquence empirique relative a été calculée pour chaque classe et pour chaque mois, sur la base d'observations mensuelles sur 38 années de 1968 à 2006. Il a été par ailleurs démontré que, sur le même site, les durées maximales des événements secs sur la partie pluvieuse de l'année (entre septembre et avril) varient entre 42 et 82 jours par an (Mathlouthi *et al.*, 2020). Le tableau 8 montre les fréquences empiriques des durées d'événements secs par mois durant la période pluvieuse de l'année, depuis une semaine sèche jusque tout le mois sec. Des événements secs d'une ou deux semaines sont assez fréquents.

Tableau 8. Fréquences empiriques des durées mensuelles de période sèche (nord de la Tunisie, 1968–2006)

Durée de sécheresse	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1-7 jours	0,49	0,61	0,78	0,72	0,73	0,77	0,69	0,67
7-14 jours	0,37	0,24	0,19	0,20	0,22	0,20	0,22	0,23
14-21 jours	0,05	0,08	0,03	0,07	0,04	0,02	0,08	0,05
21-28 jours	0,09	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05

Source: élaboré par les auteurs.

Le choix d'un seuil de pluviométrie pour distinguer entre un événement sec et un événement humide a une incidence sur les résultats de la caractérisation de la sévérité de la sécheresse. Si l'on considère la saison agricole de septembre à avril, il est pris un seuil de 3,6 mm/jour en référence à l'évapotranspiration quotidienne moyenne dans la région et les caractéristiques de la sévérité de la sécheresse sur l'ensemble de la saison pluvieuse sont plus ou moins prononcées selon ce seuil de jour sec ou non, ce qui confirme le mode structurel de la sécheresse agricole au Maghreb.

Cette dernière remarque sur le choix du seuil ramène au rôle que peuvent jouer la définition de la sévérité d'une sécheresse et sa caractérisation par les paramètres cités. Il avait déjà été mis l'accent sur la difficulté de déterminer la sévérité d'une sécheresse uniquement à partir de sa fréquence, sa durée et son intensité (Wilhite *et al.*, 1985) qui doit faire référence à la demande en eau (et en terres) par les secteurs usagers et aux éventuels impacts. La définition et la caractérisation de la sécheresse ne peuvent être exclues de leur contexte socioéconomique et environnemental, qui est très important pour éclairer les décisions et comparer avec d'autres situations, pour situer, dans leur propre contexte, les similitudes et les analogies des cas de sécheresse survenus, relativiser les paramètres qui les caractérisent, et élaborer les plans de gestion et de préparation en conséquence.

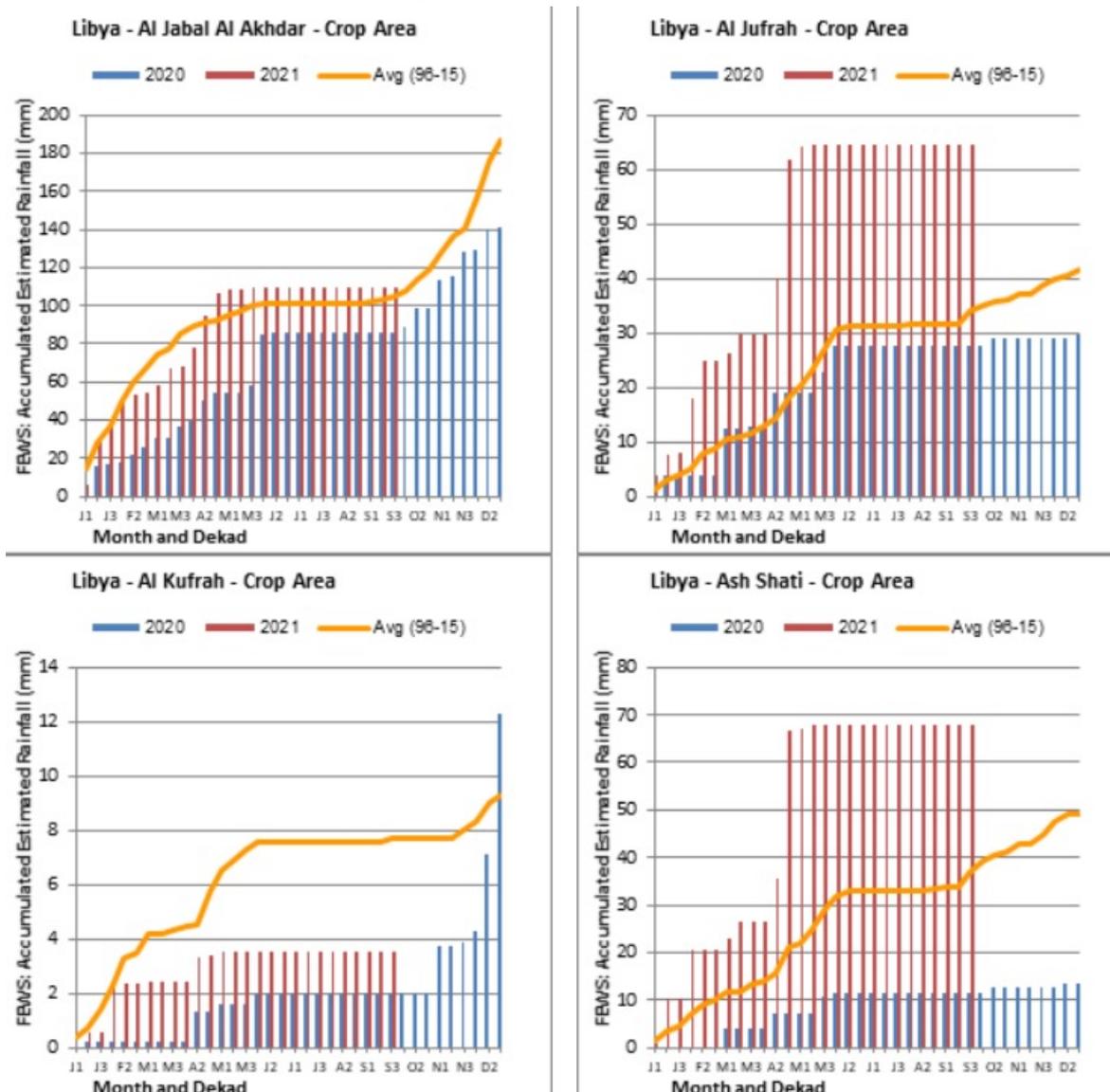
La caractérisation de la sécheresse au nord de la Tunisie présente la même configuration en Algérie. Au cours de 42 années d'observations des jours de pluie et des jours secs (1970-2011), 20 événements secs d'une durée de 30 jours ont été enregistrés dans le bassin de Macta, dans le nord-ouest algérien (Sabri *et al.*, 2021) et 22 pour le nord de la Tunisie (Mathlouthi *et al.*, 2020). L'analyse des séries pluviométriques mensuelles sur côté algérien du bassin de la Medjerda du côté (1968-2013) a montré une tendance à la persistance de la sévérité de la sécheresse et à une augmentation de la fréquence des années sèches (Khedimallah *et al.*, 2020).

Les mêmes remarques sont valables pour le bassin de l'Oum Er-Rbia au Maroc où les mêmes analyses sur les pluviométries (séries chronologiques 1970-2010) confirment une tendance à l'augmentation des événements secs sévères, qui ont dépassé de 50 pour cent la moyenne saisonnière interannuelle entre 1980 et 1990 (Ouatiki *et al.*, 2019).

Le besoin de précipitations est donc vital pour revenir à un état météorologique ou hydrologique normal après la survenue d'une sécheresse. Pour que ce déficit soit comblé, il faut des épisodes pluvieux modestes et longs, ou des épisodes intenses et courts provoquant des inondations, et ramenant les ressources en eau stockées dans le réservoir sol ou dans les retenues des barrages, les lacs ou les nappes à des niveaux normaux.

En Libye, plusieurs régions montrent, en 2020 et en 2021, des périodes de déficit par rapport à la moyenne pluviométrique (1998-2015), avec certaines périodes d'abondance locales (carte 6, FAO/SMIAR, 2021). Mais les valeurs des moyennes des précipitations annuelles sont intrinsèquement faibles (inférieures à 200 mm), et, quand surviennent des sécheresses, l'intensité du stress hydrique est grande et les stocks d'eau dans le sol ou dans les retenues sont très faibles, comme c'est le cas dans la région d'El Kufrah.

Carte 6. Indices de stress hydrique en Libye en 2021



Source: FAO/SMIAR, 2021. <http://www.fao.org/giews/earthobservation>,

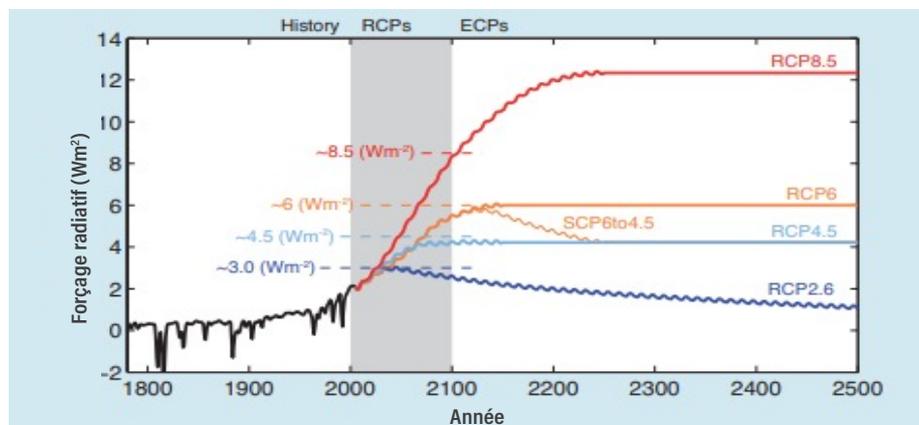
1.4.2. Le risque de sécheresse et les changements climatiques

Le GIEC a élaboré quatre scénarios de trajectoire de concentration représentative (RCP) représentant un forçage radiatif à l'horizon 2100: (i) 2,6 W/m² pour RCP 2.6, (ii) 4,5 W/m² pour RCP 4.5, (iii) 6,0 W/m² pour RCP 6.0 et (iv) 8,5 W m² pour RCP 8.5 (figure 10).

Ces scénarios représentent un forçage climatique du scénario optimiste fortement atténué pour maintenir les augmentations de moyennes de températures en dessous de 2 °C, à savoir RCP 2.6 (petits rejets à forte intensité de combustibles fossiles), à un scénario pessimiste de statu quo non atténué, RCP 8.5 (grands rejets à forte intensité de combustibles fossiles). Les deux scénarios RCP 4.5 et RCP 6 sont appelés scénarios de stabilisation ou intermédiaires.

Ces scénarios fournissent des descriptions plausibles de la façon dont l'avenir pourrait se dérouler à la suite des changements climatiques et des émissions de gaz à effet de serre. Ils aident à évaluer (i) l'incertitude sur les contributions humaines aux changements climatiques, (ii) la réponse du système terrestre aux activités humaines, (iii) les impacts des climats futurs, et (iv) les implications de différentes approches d'atténuation et d'adaptation des effets des changements climatiques (Moss *et al.*, 2007).

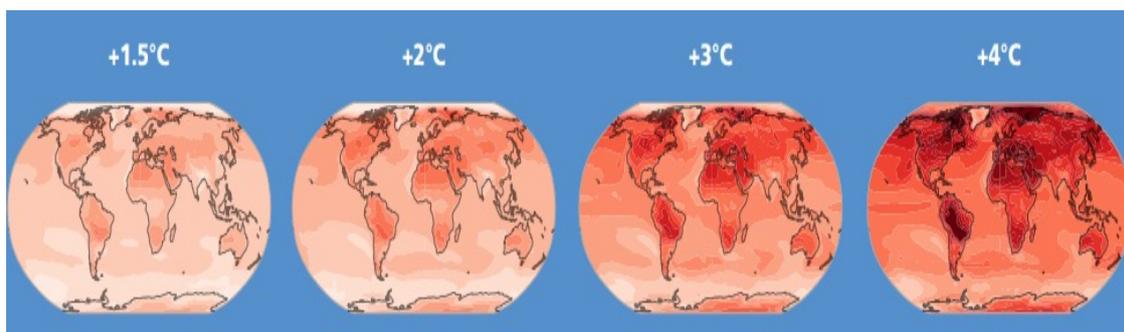
Figure 10. Scénarios de changement climatique et forçage radiatif (en W/m²)



Source: GIEC, 2013.

Le sixième rapport d'évaluation de la progression des changements climatiques et leurs impacts (GIEC, 2023) relève que la région du Maghreb est parmi celles les plus touchées par les changements climatiques, quel que soit le scénario de forçage radiatif et de réchauffement climatique (figure 11).

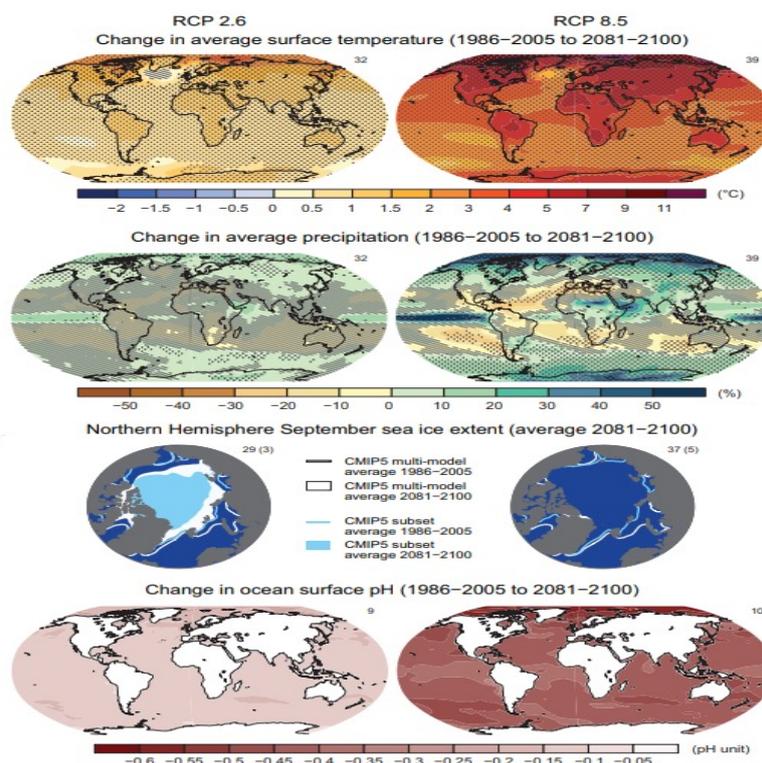
Figure 11. Diffusion des événements climatiques et hydrologiques extrêmes (couleur foncée dans la figure 11) en fonction de l'accroissement de la température et du réchauffement climatique



Source: GIEC, 2023a.

Les projections climatiques de ces deux scénarios extrêmes sont reprises dans la figure 12.

Figure 12. Scénario RCP 2.6 et 8.5



Source: GIEC, 2013.

Selon le GIEC et le scénario RCP8.5, les projections d'ici la fin du XXI^e siècle indiquent un risque accru de sécheresse (degré de confiance moyen) dans les régions actuellement sèches, lié à une diminution prévue de l'humidité du sol à l'échelle régionale et mondiale. La réduction de l'humidité du sol est plus importante en Méditerranée, au sud-ouest des États-Unis d'Amérique et en Afrique australe. Conformément aux changements prévus dans l'augmentation des températures de surface, la sécheresse dans ces régions est probable (degré de confiance élevé) d'ici la fin du siècle selon le RCP8.5.

Des analyses régionalisées ont été développées et fournissent des projections des indicateurs clés sur la sécheresse dans la région de l'UMA pour les quatre scénarios RCP. Les indices retenus pour l'analyse de la sécheresse sont (i) les précipitations et l'évapotranspiration, (ii) l'anomalie de l'humidité du sol, (iii) l'indice de précipitations normalisé, et (iv) le nombre de jours secs consécutifs (Wartenburger *et al.*, 2017).

L'augmentation significative du nombre de jours secs consécutifs dans les deux scénarios extrêmes (RCP 4.5 et RCP 8.5) et la diminution significative de la disponibilité de l'eau confirment que cette région du Maghreb est un point chaud potentiel pour les futurs changements climatiques et connaîtra des sécheresses plus sévères et plus fréquentes.

Les études élaborées sur les risques des changements climatiques montrent les impacts des changements climatiques en lien avec la sécheresse, qui s'expriment par les hausses de températures et de demandes en eau, le nombre de jours secs et les apports pluviométriques (USAID, 2017). Voici les interactions des changements climatiques et de la sécheresse dans les pays du Maghreb, sur la base des observations des précipitations, des températures et de l'humidité annuelles:

■ Libye

Une grande partie de la superficie de la Libye est aride et reçoit moins de 50 mm pluie par an, sauf dans certaines zones montagneuses autour de Tripoli ou de Benghazi. La pluie est rare et irrégulière et les périodes sèches intra ou interannuelles sont fréquentes. Le tableau 9 présente les changements climatiques prévisibles sur la base de moyennes annuelles de la température et des précipitations et corrélativement leur influence sur la sécheresse.

Tableau 9. Changements climatiques prévisibles (Tripoli, Benghazi)

	Région côtière	Région aride intérieure
Température moyenne annuelle	13 °C-25 °C	14 °C-31 °C
Précipitations moyennes annuelles	250-500 mm	0-50 mm

Source: USAID, 2017.

Les tendances dans les séries chronologiques des températures et des pluies, les principaux changements climatiques prévus et leurs impacts en liaison avec la sécheresse sont résumés ci-dessous pour la Libye (tableau 10).

Tableau 10. Changements climatiques prévisibles et impacts (Libye)

Tendances historiques	Changements prévus
Croissance des températures	Croissance de 2 °C à l'horizon 2050
Croissance des températures minimales de 0,03 °C à 0,55 °C	Augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, avec une diminution des précipitations de l'ordre de 7 pour cent des moyennes mensuelles à l'horizon 2050
Décroissance de 20,33 mm/mois (sur 100 ans) d'après l'analyse des séries pluviométriques depuis 1950.	Augmentation du nombre de jours secs dans l'année de 101 à 124 jours

Source: USAID, 2017.

En Libye, les grands périmètres irrigués sont dispersés sur la côte et utilisent les ressources en eau souterraines. Leur gestion est confrontée à l'augmentation des besoins en eau et à l'impératif de la durabilité de cette ressource alors qu'il est prévu une montée des températures de l'ordre de 2 °C à l'horizon 2050. L'agriculture pluviale et le pastoralisme dépendent directement des précipitations et les sécheresses entraînent une concurrence sur l'eau et les pâturages et sont sources de conflits.

L'étude montre que le nombre de jours secs par an augmentera de 101 à 124, ce qui engendrera un stress hydrique plus intense, un impact négatif sur la recharge des aquifères de surface et favorisera l'intrusion saline sur les côtes (USAID, 2017). Les ressources souterraines fossiles qui alimentent le grand transfert vers les zones fertiles du nord auront davantage d'importance à l'avenir pour pouvoir subvenir aux différentes demandes en eau du pays, en réponse aux sécheresses plus fréquentes et à la baisse de la pluviométrie et des ressources de surface ou souterraines locales.

■ Mauritanie

Le climat est aride et le pays se trouve aux portes du Sahel. Son régime pluvial est unimodal, débute au mois de juin et s'achève en octobre. La sécheresse et les changements climatiques ont des impacts pendant cette saison des pluies exprimés par l'augmentation de la fréquence des événements secs (2005, 2008, 2010 et 2012) (GIZ, 2020).

Les modèles de prévision des changements climatiques selon le scénario RCP6.0 prévoient une augmentation de l'évapotranspiration de 3,6 pour cent en 2050 par rapport au niveau de l'an 2000 et une augmentation de la température de 2 à 4,5 °C à l'horizon 2080. Les précipitations ont tendance à diminuer à l'horizon 2080 et les fréquences de périodes sèches devraient croître. Ces modèles prévoient aussi une augmentation des terres cultivées exposées à la sécheresse.

■ Tunisie

Les modèles de prévision s'accordent à dire que le climat en Tunisie, comme dans toute la région du Maghreb, subira les mêmes tendances de changements, particulièrement dans la durée des événements secs, leur intensité ou leur fréquence, conséquences des variations dans les précipitations et les températures. Il est à noter, en particulier, que les projections à l'horizon 2050 prévoient l'augmentation de jours secs dans un intervalle assez large mais conséquent de 1 à 30 selon les zones et les scénarios RCP (tableau 11). Le pays sera sujet à des sécheresses plus fréquentes et plus longues selon l'avenir prévu par les modèles des changements climatiques.

Tableau 11. Changements climatiques prévisibles (Tunisie)

Tunisie	
Augmentation de la température à l'horizon 2050	0,7 °C-2,6 °C
Diminution des précipitations à l'horizon 2050	4,1 à 6,7%
Augmentation du nombre de jours secs (jours secs consécutifs secs)	1 à 30

Source: USAID, 2017.

■ Maroc

Le climat du Maroc est aussi diversifié que sa topographie, depuis les plaines côtières, les montagnes au nord, l'Atlas au centre et le désert au sud. La moyenne annuelle pluviométrique varie de 1 200 mm/an au nord à 100 mm/an au sud. Les événements secs sont ressentis partout, aussi bien pour les cultures pluviales ou le remplissage des barrages que pour les pâturages et les parcours. Comme pour les autres pays du Maghreb, l'impact des changements climatiques touchera les fréquences, la durée et l'intensité des sécheresses (tableau 12). Ses impacts ont été déjà ressentis lors de la sécheresse généralisée de 2016 sur les céréales, où il a été enregistré une baisse de 70 pour cent des rendements par rapport à 2015. Il est important de signaler, outre l'augmentation des besoins et de la demande en eau et le raccourcissement de la phase de croissance végétale, les possibilités de prolifération de maladies sur les cultures pluviales (prolifération du moucheron sur les céréales).

Tableau 12. Changements climatiques prévisibles (Maroc)

Maroc	
Augmentation de la température à l'horizon 2050	1 °C à 5 °C
Diminution des précipitations à l'horizon 2050	Non spécifié du fait de la diversité topographique au Maroc
Augmentation du nombre de jours secs (jours secs consécutifs secs) Impacts sur les écosystèmes	Dégradation des écosystèmes humides, pertes des espèces natives végétales et migration des espèces animales. Augmentation des feux de forêts.

Source: USAID, 2017.

■ Algérie

L'Algérie connaît un climat désertique sur la majorité de son territoire à l'exception du grand nord le long des côtes avec une moyenne annuelle pluviométrique de 700 mm, et le plateau de l'Atlas à climat semi-aride et aride où les précipitations annuelles ne dépassent pas 40mm. Le tableau 13 indique les changements climatiques projetés à partir des tendances de température et des précipitations.

Tableau 13. Changements climatiques projetés dans les régions de l'Algérie

Région	Température Moyenne [°C]	Total des précipitations annuelles [mm/an]	Nombre de jours de précipitations [jours/an]
Côte méditerranéenne	Croissante +2 °C à +3 °C d'ici 2050	Décroissance d'ici 2050, et allant jusqu'à 40% d'ici 2100	Décroissance allant jusqu'à 50 % d'ici 2100
Atlas tellien Hauts Plateaux	Croissance +2 °C à +3 °C d'ici les années 2050	Décroissance allant jusqu'à 50% d'ici 2100	Décroissance allant jusqu'à 45% d'ici 2100 pour l'Atlas tellien et 50% pour les hauts plateaux
Intérieur aride	Croissance +2 °C à +3 °C d'ici les années 2050	Aucune indication consistante dans les projections	Aucune indication consistante dans les projections

Source: AfDB, 2018.

De manière générale, la fréquence et l'intensité de la sécheresse s'intensifieront pour l'ensemble des pays du Maghreb à l'horizon 2050. Les impacts sont susceptibles d'inclure des pertes de cultures et de bétail, une baisse de la fertilité des sols, une augmentation de la dégradation des terres et une diminution des ressources en eau disponibles pendant les périodes de sécheresse. Cependant, les projections des impacts varient considérablement entre les cultures, les régions et les systèmes de production. En Afrique, y compris au Maghreb, les impacts prévisibles sur les rendements des principales cultures à l'horizon 2050 sont de -17 pour cent pour le blé, -5 pour cent pour le maïs et -15 pour cent pour le sorgho. Pour le millet, les chutes de rendement sont de -20 et -40 pour cent pour des réchauffements de +2 et +3 °C respectivement (GIEC, 2013).

Le rapport du GIEC publié le 20 mars 2023 donne un état des lieux des changements climatiques (GIEC, 2023b). Il précise que la hausse de la température s'est accentuée et que le niveau de réchauffement global de 1,5 °C par rapport à l'ère préindustrielle sera atteint dès le début des années 2030 avec une probabilité médiane ou forte que cette hausse de température puisse atteindre 2 °C dans plusieurs régions du monde dont le Maghreb. La vulnérabilité des écosystèmes et des populations est prévue à la hausse, et la pression sera plus grande sur les ressources en eau et l'alimentation. Entre 2010 et 2020, la mortalité dans le monde due aux événements extrêmes, dont la sécheresse, a été 15 fois supérieure dans les pays vulnérables. La région du Maghreb est moins concernée mais les prémices de crises dues à la sécheresse sont déjà présentes, au vu de la sévérité des sécheresses et de leurs impacts en termes de rationnement d'eau. Le rapport souligne les réponses à la sécheresse par le développement d'une politique et de programmes de résilience à la sécheresse et de réponses par l'adaptation aux changements climatiques. Un programme d'alerte précoce est impératif et une irrigation raisonnée, avec un retour aux solutions fondées sur la nature, peuvent soutenir une politique de résilience à la sécheresse. Il est surtout indiqué qu'une réponse à la sécheresse par une solution mal adaptée peut avoir un coût élevé et en amplifie les effets, comme, par exemple, l'irrigation qui génère un coût élevé dans des zones où la probabilité que surviennent des sécheresses intenses est forte.

1.4.3. Le poids des incertitudes

Dans ce même cadre d'analyse du lien de la sécheresse avec les changements climatiques, John H. Matthews (AGWA, 2021) souligne la difficulté de se fier uniquement au passé pour prévoir d'avance un plan figé d'actions, de décision et de préparation à l'échelle locale. Il est possible, en effet, que surviennent des «accidents» non prévus (par ex., covid-19) qui, conjugués à des événements secs et aux effets des changements climatiques à des échelles locales (temps et espace), peuvent changer les capacités de résilience à la sécheresse et les décisions bâties sur la base de l'historique météorologique, hydrologique ou agronomique.

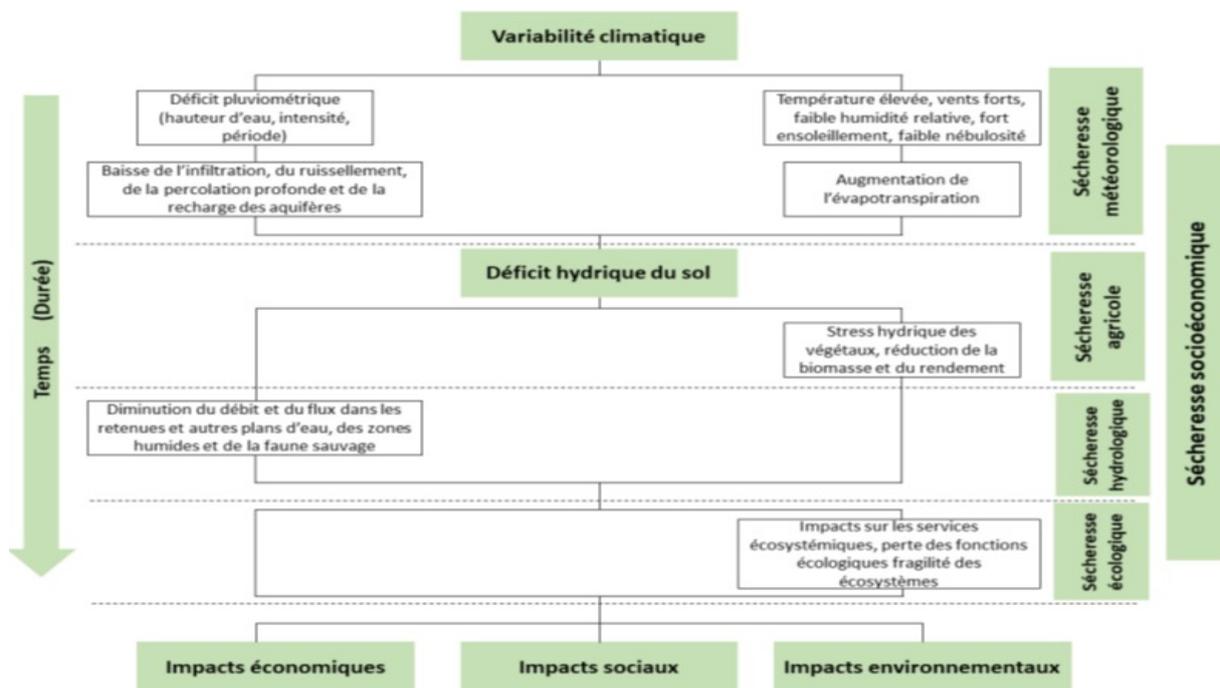
De cette constatation découle l'importance qu'accordent les différents acteurs de la gestion de la sécheresse à la recherche de moyens et d'outils (par ex., scénarios) permettant de réduire le poids de l'incertitude sur la décision et le devenir proche d'un événement sec. Ceci aidera à mieux définir la voie à prendre pour gérer et se préparer à cette sécheresse. Les recherches visent des outils de prévision, l'alerte précoce et le suivi à des échelles spatiotemporelles adéquates (celles qui permettent de décider), surtout de l'état actuel et des scénarios de l'évolution du cycle de l'eau et des ressources en eau. Cette recherche reste au cœur du processus de l'avertissement et de la préparation à la gestion de la sécheresse ainsi que du renforcement de la résilience. Ceci implique le renforcement de l'effort de recherche et de coopération académique et appliquée sur la sécheresse et la résilience, surtout au niveau régional maghrébin avec des normes internationales, permettant ainsi de gagner en économie d'échelle, en qualité de produits et en efficacité sur le terrain.

1.5. LES PRINCIPAUX IMPACTS DE LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

1.5.1. Les types d'impacts

Les impacts de la sécheresse sont la réponse d'un système (agricole, urbain, environnemental, social et économique) aux conditions et caractéristiques de l'événement sec qui prévaut. Au Maghreb et en agriculture particulièrement, l'échelle de temps considérée dans la relation entre la sécheresse et la réponse du système environnant (impacts) est très importante du point de vue de l'impact socioéconomique qui s'ensuit chez les petits agriculteurs qui vivent des cultures pluviales (figure 13). L'échelle de temps qui couvre les mois critiques du développement cultural est requise pour l'analyse de la sécheresse et sa gestion en relation avec le stock du réservoir sol, et l'échelle interannuelle pourrait être prise comme référence pour l'analyse des impacts de la sécheresse sur les ressources en eau, surtout que les durées des sécheresses peuvent couvrir quelques années consécutives.

Figure 13. Impacts de différents types de sécheresse



Source: FAO, 2008a.

Au Maghreb, les sécheresses ont des impacts directs et immédiats (échelle saison) sur le monde rural, sur l'état socioéconomique des pays et sur les ressources en eau et en terres. Il s'ensuit des impacts indirects qui touchent des secteurs socioéconomiques et fournisseurs de services reliés à l'eau, comme les terres et l'agriculture par exemple. Les secteurs les plus touchés de manière directe sont:

- (i) La production agricole (en dehors de l'irrigué) qui dépend directement des apports pluviométriques (en particulier les céréales/fourrages et aussi l'olivier, qui sont les principales cultures ancestrales pluviales de la région Maghreb).
- (ii) La pêche, comme c'est le cas pour la Mauritanie sur le fleuve Sénégal ou dans les plans d'eau (retenues de barrages, lacs).
- (iii) L'élevage, le cheptel et le pastoralisme. Cet impact est d'autant plus sévère qu'il s'agit, d'une part, de petits agriculteurs et pasteurs qui forment la frange la plus vulnérable et, d'autre part, les pays impactés dépendent de la contribution des secteurs d'activités de l'élevage et du pastoralisme, qui sont reliés à l'eau, à la terre et aux parcours, et pèsent sur la balance et la sécurité alimentaires ou le PIB.

1.5.2. Impacts sur les ressources en eau et leur mode de gestion

Les sécheresses prolongées ont des impacts immédiats sur les ressources en eau renouvelables. Elles réduisent, d'une part, les apports en eau de surface dans les retenues d'eau (barrages, lacs collinaires, etc.) et, d'autre part, la recharge des nappes

et aquifères superficiels ou encore le stockage de l'eau dans le réservoir utile du sol. Dans les pays du Maghreb, la sécheresse structurelle génère une pénurie structurelle, qui fait que les prélèvements sont du même ordre de grandeur ou supérieurs aux ressources en eau renouvelables. La limite de surexploitation est franchie, mettant en danger la durabilité du système de l'eau et des terres, et parfois de manière irréversible comme c'est le cas pour certaines nappes phréatiques côtières, où le risque d'intrusion de sels est important.

L'impact indirect assez important touche les ressources en eau souterraines et particulièrement les aquifères et les nappes fossiles, ou les nappes qui nécessitent beaucoup de temps pour leur régénération. Tous les pays du Maghreb sont touchés par ce fléau de la surexploitation des nappes, que ce soit pendant les périodes humides ou sèches, du fait du déséquilibre entre l'offre et la demande qui entraîne la pénurie. Il serait plus opportun de renforcer encore la gestion conjuguée eau de surface/ eau souterraine en cas de sécheresse et de continuer à réagir à la surexploitation des nappes par tous les moyens légaux, institutionnels et techniques.

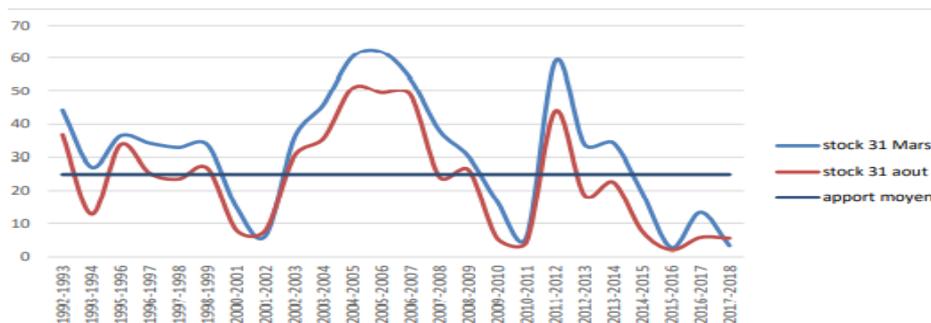
L'effort pour parer aux effets des sécheresses consiste à éviter que la pénurie soit structurelle, même si la sécheresse l'est dans la région du Maghreb. Autrement, elle devient un facteur limitant vis-à-vis du développement socioéconomique. Agir sur la demande est une voie d'action.

Ces déficits engendrés par les sécheresses dans l'état des ressources en eau touchent aux performances de la gestion de ces ressources. L'exemple ci-dessous montre l'impact des sécheresses sur le stock d'eau dans un barrage et sur les critères de performance de la gestion de ces stocks pour satisfaire des demandes en eau en aval.

▪ Tunisie

La figure 14 ci-dessous montre une corrélation directe entre les périodes sèches et les déficits du stock d'eau dans la retenue par rapport à un niveau de stock normal (moyenne interannuelle), dans le barrage de Nebhana, dans la région semi-aride supérieur de Kairouan-Tunisie.

Figure 14. Chronologie des stocks au barrage de Nebhana pour début septembre et fin mars



Source: élaboré par les auteurs d'après les données de la Direction générale des barrages et des grands travaux hydrauliques pour la période 1992-2018.

Les impacts sur les ressources apparaissent ainsi sur la manière de gérer cette ressource et de satisfaire des demandes en eau. Les critères ci-après quantifiés pour l'exemple du barrage de Nebhana en Tunisie montrent de quelle manière s'exprime une sécheresse sur la ressource et sa gestion:

- **Fiabilité:** sur 26 années de bilans et d'estimation des stocks, 16 années sont en déficit par rapport au stock normal de 25 mm³ (qui correspond à l'apport normal). Les apports au barrage donnent 15 années déficitaires sur 26 années observées. Le système de Nebhana est peu fiable en raison des sécheresses successives déclarées.
- **Résilience:** les stocks au barrage de Nebhana sont en déficit par rapport au seuil de 25 mm³. Il lui faut trois à cinq années pour revenir à des valeurs de stock supérieures à 25 mm³. La résilience au déficit est faible et nécessite toujours une crue lors d'une année très humide (grande crue) pour revenir vers un état de stock d'eau normal.
- **Vulnérabilité:** l'intensité des déficits du stock d'eau par rapport au seuil normal de 25 mm³ est importante et est, dans plusieurs cas, supérieure à 50 pour cent pour atteindre presque 100 pour cent (le barrage est presque vide). Le système est très vulnérable si on considère le seuil de stock normal autour de 25 mm³ au 1^{er} septembre qui marque le début de l'année hydrologique et agricole.
- **Adéquation:** elle est exprimée par le bilan entre ressources et demandes en eau. Elle est faible vis-à-vis de l'aléa hydrologique. Les ressources arrivant au barrage pendant ou hors périodes de sécheresse sont inadéquates en termes de volumes avec les demandes en eau en aval. Les sécheresses engendrent souvent des modes de gestion en pré-crise ou crise.
- **Flexibilité:** en périodes sèches, la flexibilité de la réponse aux demandes en aval n'est possible que pour les centres de demande où l'infrastructure permet l'accès à d'autres sources d'eau (transferts depuis d'autres bassins ou recours aux ressources souterraines). Pour les centres de demande dépendant uniquement des ressources propres (barrage de Nebhana), la flexibilité est nulle.

1.5.3. Impacts sur la production agricole et la balance alimentaire

Au cours des dernières décennies, les sécheresses au Maghreb ont eu des impacts sur la production agricole et ont chaque fois déstabilisé la balance alimentaire. La sécheresse se manifeste assez souvent par des baisses de la production et des revenus agricoles. Ces effets sur la petite agriculture et sur la population rurale à faible revenu sont d'autant plus aigus que les moyens de subsistance des populations rurales vulnérables et leur résilience à la sécheresse sont faibles.

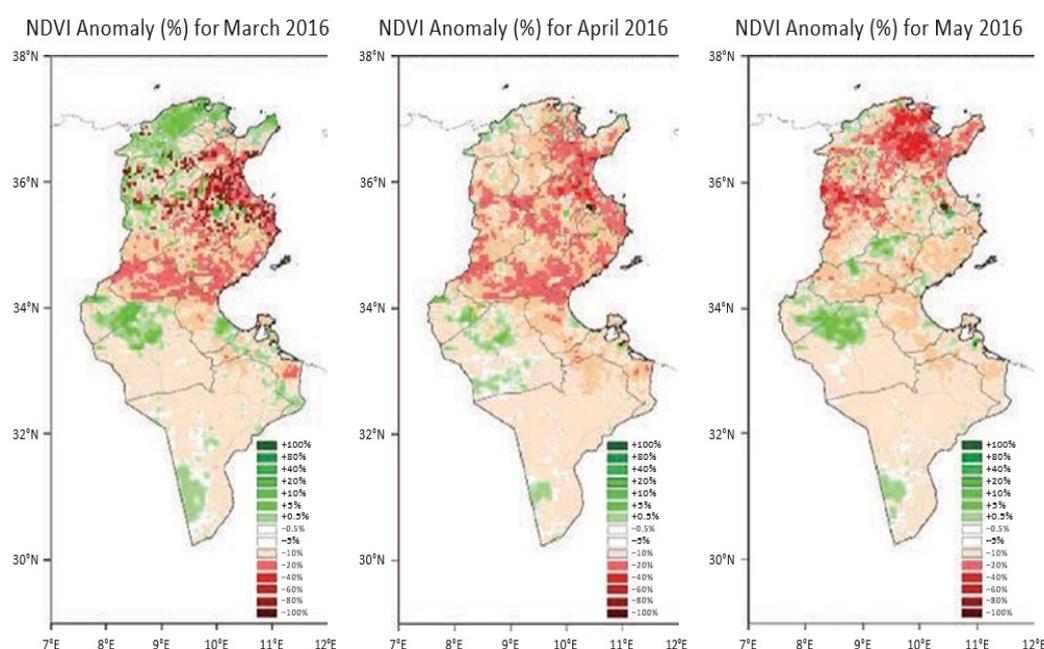
Les épisodes de sécheresses se sont traduits par une plus grande volatilité des prix des produits, surtout alimentaires, et par des impacts macroéconomiques importants sur la balance commerciale alimentaire des pays. Afin d'augmenter les disponibilités alimentaires et de compenser la perte de production et la réduction des exportations, il est procédé à des importations.

En parallèle, le recours aux eaux souterraines exploitées a augmenté, et cette pression s'est traduite directement par une augmentation de la consommation énergétique et des coûts de pompage, en plus de la surexploitation des ressources peu renouvelables des nappes d'eau profondes et de la perte progressive de leur durabilité.

En Tunisie par exemple, au cours de la sécheresse la plus récente (2015-2016), l'agriculture pluviale a été particulièrement touchée et l'approvisionnement en eau potable a enregistré des coupures sans alerte, dues au déficit de stockage de l'eau (41 pour cent) dans les principaux barrages dédiés à l'eau potable (Banque mondiale, 2017). Certaines localités de la région du Grand Tunis et les grandes villes comme Sfax, Sousse et Nabeul ont observé des perturbations nocturnes de desserte de l'eau potable, en particulier en juillet 2016. Cette rupture du service a soulevé des mouvements sociaux de protestations dans les zones urbaines et rurales affectées.

Pour ce qui est de l'effet de la sécheresse de 2015-2016 sur la biomasse, l'évolution spatiale et temporelle entre mars et mai 2016 de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) (carte 7) met en évidence l'augmentation de la sévérité de la sécheresse et sa propagation vers le nord humide pendant la période de croissance critique des cultures céréalières. Cette période a été marquée par un stress végétal intense sous l'effet d'une sécheresse anormale en automne 2015, conjuguée à un manque de pluies hivernales.

Carte 7. Évolution de l'indice de végétation par différence normalisée lors de la sécheresse 2015-2016



Source: Banque mondiale, 2021. Meta Data Climate Change Knowledge Portal (CCKP), Washington. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/>

Les tableaux 14 et 15 montrent les répercussions de la sécheresse de 2015-2016 sur les récoltes et le coût de la sécurité alimentaire en Tunisie. La baisse des rendements de blé était accompagnée par une augmentation manifeste des importations pour combler les déficits et satisfaire la demande nationale en blé. Selon la Banque mondiale (2017), la facture céréalière a atteint environ 675 millions de dollars.

Tableau 14. Balance alimentaire céréalière (blé) en Tunisie

Élément	Unité	2014	2015	2016	2017
Production	1 000 T	1 513	913	927	1 100
Importations - Quantité	1 000 T	1 673	1 962	2 150	1 954
Variation de stock	1 000 T	410	87	231	187
Exportations - Quantité	1 000 T	129	150	139	169
Disponibilité intérieure	1 000 T	2 647	2 638	2 708	2 698
Superficie récoltée	ha	722 880	652 530	508 375	675 000
Rendement	T/ha	2,093	1,399	1,823	1,636

Source: FAOSTAT, 2020.

Selon la Banque mondiale (2017), les impacts estimés par l'Union des agriculteurs tunisiens sont comme suit:

- Les dommages financiers atteignent 50 pour cent chez l'agriculteur.

- Les récoltes sont mauvaises pour les céréales et les fourrages principalement.
- L'inflation est de 100 pour cent sur le marché des fourrages.
- La production d'olive a diminué de 28 pour cent, (seuls 690 huileries sur 1 700 ont fonctionné en 2016).
- Restriction de la superficie irriguée, surtout maraîchère.

Il en est de même pour le Maroc. La baisse des rendements céréaliers (tableau 14) et les mesures d'urgence déployées par l'État sous l'effet de la récente sécheresse de 2015-2016 ont entraîné une baisse de la croissance économique nationale de plus de 3 points de pourcentage. Pendant la saison 2015-2016, 3,2 millions d'hectares ont été cultivés au lieu des 5 millions initialement prévus, soit seulement 62 pour cent de la superficie de semis prévue, car la sécheresse s'est installée pendant la saison de plantation (Banque mondiale, 2017).

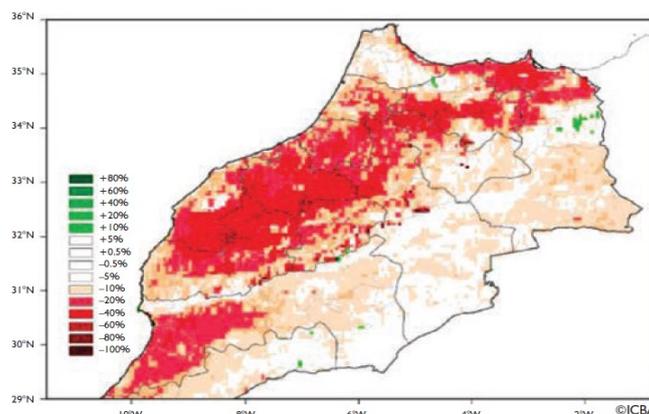
Tableau 15. Balance alimentaire céréalière (blé) au Maroc

Élément	Unité	2014	2015	2016	2017
Production	1 000 T	5 116	8 075	2 731	7 091
Importations - Quantité	1 000 T	5 187	3 240	6 319	3 668
Variation de stock	1 000 T	-95	2 557	-2 051	206
Exportations - Quantité	1 000 T	206	116	38	22
Disponibilité intérieure	1 000 T	10 192	8 642	11 063	10 531
Superficie récoltée	ha	2 986 158	3 273 869	2 413 638	3 384 225
Rendement	T/ha	1,713	2,466	1,132	2,095

Source: FAOSTAT, 2020.

La carte 8 rend compte de l'intensité et de l'étendue spatiale de la sécheresse de 2015-2016 qui a sévi sur plus de 50 pour cent du territoire marocain. Les impacts ont touché le secteur de l'élevage, les parcours et les cultures fourragères, ainsi que la capacité des agriculteurs à nourrir leurs animaux (absence de stocks stratégiques).

Carte 8. Indice de végétation par différence normalisée (NDVI) en mars 2016, Nord du Maroc



Source: Banque mondiale. 2021. Meta Data Climate Change Knowledge Portal (CCKP). Washington. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/>

En Algérie, il a été observé les mêmes effets qu'en Tunisie et au Maroc. En 2015, les importations en volume (tableau 16) ont augmenté de 14 pour cent pour améliorer la disponibilité intérieure et renforcer les stocks céréaliers. La superficie emblavée a diminué de 13 pour cent en 2016 et la productivité à l'hectare n'a pas dépassé 11,8 quintaux/ha.

Tableau 16. Balance alimentaire céréalière (blé) en Algérie

Élément	Unité	2014	2015	2016	2017
Production	1 000 T	2 436	2 657	2 440	2 437
Importations - Quantité	1 000 T	7 461	8 531	8 255	8 105
Variation de stock	1 000 T	117	900	400	0
Exportations - Quantité	1 000 T	3	7	6	10
Disponibilité intérieure	1 000 T	9 778	10 281	10 289	10 532
Superficie récoltée	ha	1 651 311	1 814 722	2 062 179	2 118 469
Rendement	T/ha	1,48	1,46	1,18	1,15

Source: FAOSTAT, 2020.

En Mauritanie, les impacts de la sécheresse ont été très perceptibles (tableau 17). Les baisses de production ont eu pour conséquence un stock rizicole entrant dans un cycle négatif (entre -47 000 et -76 000 tonnes). Les disponibilités alimentaires ont atteint seulement 350 000 tonnes en 2015 pour ne commencer à se reconstituer qu'à partir de 2017 par une reprise de la production nationale.

Tableau 17. Balance alimentaire céréalière (riz) en Mauritanie

Élément	Unité	2014	2015	2016	2017
Production	1 000 T	293	223	219	250
Importations - Quantité	1 000 T	167	78	56	51
Variation de stock	1 000 T	8	-47	-76	-60
Disponibilité intérieure	1 000 T	453	349	350	361
Superficie récoltée	ha	57 104	43 322	43 126	47 146
Rendement	T/ha	5,13	5,15	5,24	5,25

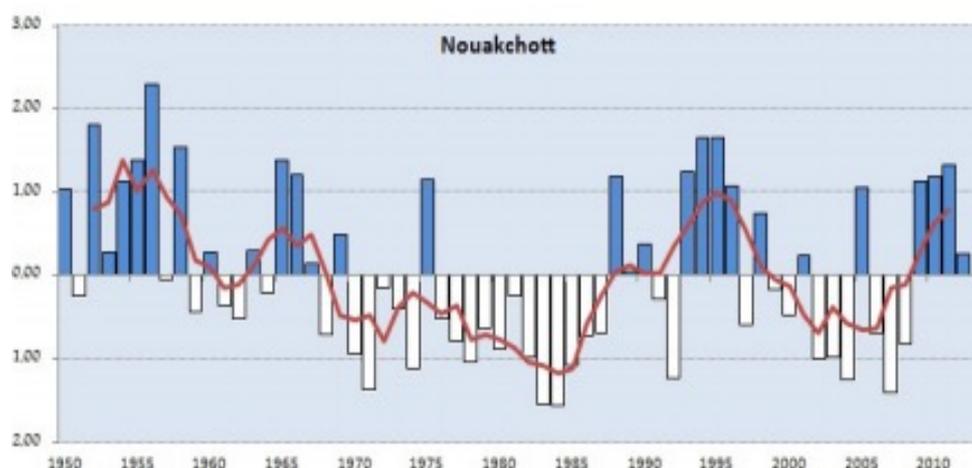
Source: FAOSTAT, 2020.

1.5.4. Impacts sur le processus d'urbanisation anarchique

La ville devient une destination objective lorsque s'installe une sécheresse qui dépasse les capacités de résilience des populations rurales. Un exode massif s'établit et s'installe sur les périphériques des villes (lits majeurs d'oueds, zones inondables). C'est un phénomène commun aux grandes villes telles que Nouakchott, Casablanca, Alger, Tunis ou Tripoli.

L'évolution de la pluviométrie dans la région de Nouakchott montre des années et des périodes sèches qui se prolongent, comme c'est le cas entre 1970 et 1990 (figure 15), où seules deux années sont pluvieuses (1975 et 1988). Cette longue sécheresse de 20 années a entraîné des conséquences sociales et économiques, et principalement une migration vers les centres urbains.

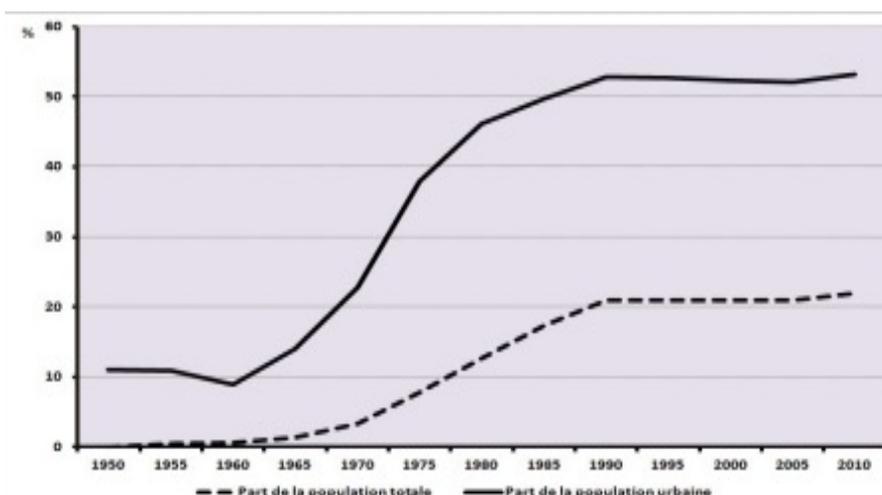
Figure 15. Indice centré réduit des pluies annuelles à Nouakchott



Source: Office national de la météorologie de Mauritanie, 2020.

La figure 16 montre sur le cycle sec de 1970 à 1990 en Mauritanie, et plus précisément à Nouakchott, une corrélation directe entre les sécheresses et la pente de la courbe d'accroissement démographique massif et subit de la population urbaine, qui passe de 3 à 21 pour cent de la population totale. La corrélation est parfaite. À partir de 1980 et en plein «cycle» sec, après cinq années de sécheresses, près de la moitié de la population urbaine mauritanienne réside dans la capitale (Zineddine, 2014). Cet exemple de Nouakchott est une réalité dans toutes les capitales de la région du Maghreb.

Figure 16. Accroissement de la population de Nouakchott



Source: Zineddine, 2014.

1.5.5. Impacts sur le pastoralisme

Le pastoralisme reste une activité fondamentale de la vie et de la culture dans les pays du Maghreb, particulièrement les parties centre et sud des pays. En Mauritanie par exemple, le petit élevage sédentaire ou le pastoralisme sont une composante essentielle de l'histoire et de la culture du pays. L'agriculture représente environ un quart de l'économie mauritanienne et compte pour environ 70 pour cent sur l'élevage de troupeaux (UNOWAS, 2018), ce qui confère à l'avènement des sécheresses une place importante dans les causes de dégradation des terres, de surexploitation des ressources naturelles et de génération de conflits dus à la compétition sur les ressources rares.

Les éleveurs entreprennent des migrations permanentes ou saisonnières, à la recherche des terres, de la végétation et de l'eau. Dans leurs parcours et itinéraires de transhumance, un endommagement des cultures par le bétail et les troupeaux peut se produire sur les zones de pâturage. Cette compétition sur les ressources naturelles, eau et terres de parcours, exacerbée par leur rareté et leur pénurie en périodes de sécheresses prolongée, fait ressortir les questions fréquentes sur le foncier et jaillir les conflits entre éleveurs et agriculteurs.

Dans tous les pays du Maghreb, l'expérience d'arbitrage des conflits est très intéressante, avec la présence de comités de gestion des conflits où siègent des représentants des communautés d'éleveurs et d'agriculteurs, des leaders traditionnels et les autorités politiques et administratives du pays. Pour atténuer les effets de la sécheresse, des solutions techniques et institutionnelles sont entreprises sur les itinéraires de transhumance, des points d'eau sont érigés avec de l'énergie solaire et gérés par les communautés, mais restent insuffisants pour satisfaire les besoins de grands troupeaux.

1.5.6. Conflits entre secteurs d'usage et entre usagers

La sécheresse conjuguée à la désertification dégrade les couvertures du sol, diminue les potentiels des pâturages coutumiers et fait même disparaître momentanément ou à jamais des sources d'eau naturelles. Les populations rurales et les éleveurs transhument vers des zones plus propices mais provoquent une surpopulation humaine et animale, sollicitant et surexploitant le couvert végétal et les ressources en eau, rentrant ainsi en conflit direct avec les agriculteurs sédentaires exploitant cette même ressource.

Dans l'ensemble des pays du Maghreb, lorsque survient une sécheresse hydrologique et que les apports dans les retenues d'eau sont amoindris, il s'établit trois types de conflits: (i) entre les objectifs économiques ou sociaux; (ii) entre les usages avec une priorité à l'eau potable, l'industrie y compris les mines et le tourisme et enfin, (iii) entre les usagers au sein d'un même usage, comme c'est le cas pour les conflits d'allocation de l'eau entre les différents périmètres irrigués des pays ou entre l'irrigation et le pastoralisme. Un rapport de forces s'établit ainsi entre les usagers de chaque groupe, faisant apparaître des protagonistes directs, à savoir les usagers, les politiques et les décideurs qui ont chacun leur vision de la résolution des conflits et leur objectif de stabilité sociale et d'intérêt économique, impliquant les intérêts particuliers et l'intérêt général, ainsi que des forces coutumières représentant des communautés ou des tribus.

Ces conflits générés par la sécheresse sont de plus en plus fréquents en raison d'une démographie galopante dans les villes et d'une agriculture de plus en plus intensive et dont certains produits dépendent de l'irrigation. De même, certaines politiques de transferts d'eau entre bassins mettent sur la table les questions d'efficacité économique et d'équité sociale. La durabilité des ressources souterraines est devenue une question préoccupante du fait de la rareté des ressources de surface et de la surexploitation des ressources souterraines. L'allocation de l'eau à partir de la recharge artificielle des nappes devient difficile du fait de la demande croissante d'eau pour d'autres usages.

Certaines solutions intelligentes concertées sont trouvées à l'échelle régionale, grâce à une organisation institutionnelle et au partage d'outils d'analyse et de données pour la gestion des nappes profondes entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye. De même,

à l'échelle locale, les contrats de nappes offrent un cadre de concertation et de bonne gouvernance au sein des communautés d'usagers. De tels exemples militent pour une organisation et une concertation régionales pour la résilience à la sécheresse.

1.6. EXEMPLES D'INITIATIVES RÉGIONALES ET INTERNATIONALES POUR GÉRER LA SÉCHERESSE

1.6.1. Instances internationales

En plus des centres et des institutions propres aux pays du Maghreb qui s'occupent de la gestion de la sécheresse, les Nations Unies ont mis en place des cadres d'intervention (en Afrique subsaharienne surtout) pour faire face à la sécheresse et des agences spécialisées pour appuyer les politiques de gestion des conditions extrêmes, et aider les communautés les plus vulnérables dans le cadre de programmes d'urgence (PAM, FAO, OMS, OMM, CNULCD...).

L'Initiative Sécheresse des Nations Unies portée par la Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse (HMNDP) repose sur trois piliers: (i) promouvoir les systèmes de préparation à la sécheresse, (ii) appuyer les efforts régionaux pour réduire la vulnérabilité et les risques de sécheresse; et (iii) disposer d'une boîte à outils pour renforcer la résilience à la sécheresse des personnes et des écosystèmes.

La CNULCD a développé une boîte à outils dédiée aux actions de préparation à la sécheresse et au renforcement de la résilience des personnes et des écosystèmes. Elle offre des outils permettant de faciliter l'élaboration de plans nationaux pour faire face à la sécheresse, et pour la formation et le renforcement des capacités. Cela concerne trois axes: (i) la prévision et l'alerte précoce; (ii) la vulnérabilité et l'évaluation des risques; et (iii) les mesures d'atténuation des risques de sécheresse. La CNULCD a appuyé en 2018 plusieurs pays pour la préparation de plans de sécheresse, y compris l'Algérie.

La FAO a mis en place un portail sécheresse de partage des connaissances destinée à aider les pays et les parties prenantes à renforcer la résilience de l'agriculture et à améliorer la sécurité alimentaire. Le portail sur la sécheresse s'appuie sur l'approche de la gestion intégrée de la sécheresse (IDM) pour favoriser la transition de réponses réactives et axées sur la crise vers des mesures proactives et fondées sur les risques.

Dans ce chapitre sont présentés sept exemples de centres internationaux spécialisés dans la gestion de la sécheresse.

1.6.2. Centre pour le suivi de la sécheresse et d'alerte précoce au Moyen-Orient (RDMEC)

Il a été créé en 2003 pour la gestion proactive de la sécheresse, est appuyé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et a son siège en Arabie Saoudite. Sa mission régionale entre et dans les pays consiste en la collecte et le suivi des données en lien avec les indicateurs de sécheresse, le calibrage in situ de ces derniers, la prévision saisonnière et l'alerte précoce.

La mission du centre se prolonge avec les plans de préparation et de renforcement de la résilience face à la sécheresse, et l'étude des impacts socioéconomiques et environnementaux. Le RDMEC organise les données régionales et développe des modèles de vraisemblance de situations climatiques et hydrologiques en lien avec la production agricole.

Ce centre collabore étroitement avec les centres spécialisés des pays (météo, agences de l'eau...) ainsi qu'avec les centres climatiques régionaux appuyés par l'OMM, à travers l'échange de données, les observations locales pour calibrer des modèles régionaux, et avec des centres de recherche sur le climat, l'eau et l'agriculture. L'objectif est de pouvoir émettre un avertissement et une alerte précoce sur un pays ou sur une zone de la région de manière plus large et de suivre la progression de l'événement sec.

Les pays de la région Moyen-Orient considèrent la sécheresse comme catastrophe naturelle et l'indemnisation des dommages est vue comme une mesure d'atténuation des effets. Ainsi, les conseils émis par le RDMEC peuvent aider à décider de la sévérité des dommages. Il appuie en outre la coordination entre les différents acteurs impliqués dans le processus de gestion et de résilience à la sécheresse. Ces acteurs sont nombreux, avec des objectifs divers et parfois conflictuels, surtout concernant l'usage de l'eau, et nécessitent un appui pour une coordination étroite et harmonieuse le long du processus de gestion de la sécheresse.

1.6.3. «Drought's advice on a Strategy for Drought Preparedness and Resilience» - Australie

L'Australie est un continent avec une large zone aride à semi-aride et un climat et une hydrologie analogues à ceux des pays de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA), avec des événements secs récurrents et une incertitude importante pour les apports pluviométriques. Le secteur agricole pluvial est important et ses productions et revenus dépendent des séquences sèches et humides. Le Gouvernement australien a développé une stratégie à l'échelle fédérale et à l'échelle régionale, avec une vision intégrée et des piliers qui forment la politique de gestion de la sécheresse: la prévision, l'alerte précoce et l'évaluation des effets sur terrain.

Le processus d'atténuation des effets de la sécheresse est mené avec des évaluations périodiques sur le terrain, afin d'actualiser les indicateurs de sécheresse, entraînant des revues des décisions sur la préparation et la gestion. Plusieurs mesures font partie du plan de résilience, où l'information et la communication jouent un rôle prépondérant dans la fiabilité et l'efficacité des décisions prises et mises en œuvre.

Les mesures, souvent prises pour la préparation et pour la résilience à la sécheresse, sont multiples et diverses. Elles concernent les techniques de travail du sol et de récolte des eaux de surface, la gestion de la demande en eau, la gestion conjuguée de l'eau souterraine et de l'eau de surface, une irrigation plus économe en eau et des incitations financières en matière de taxation et d'aides pour les éleveurs et petits agriculteurs pour l'abreuvement, les fourrages, les semis et les équipements d'économie d'eau à la parcelle. Cette politique est plus orientée sur les impacts agricoles, tout en garantissant l'eau potable, y compris l'abreuvement pour les troupeaux et cela rappelle bien le contexte des pays du Maghreb.

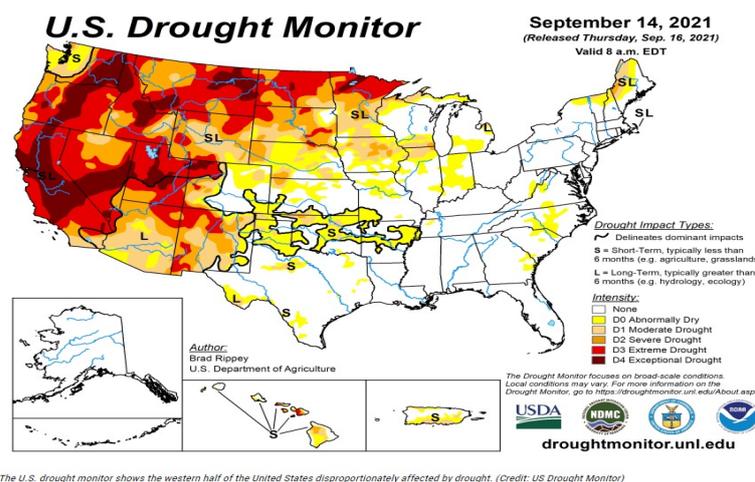
1.6.4. Centre national d'atténuation de la sécheresse - États-Unis d'Amérique

Aux États-Unis, le Centre national d'atténuation de la sécheresse (National Drought Mitigation Center) de l'Université du Nebraska-Lincoln a développé un partenariat avec le Bureau de l'agriculture aux USA pour le suivi des événements secs. Il a adopté une approche multidimensionnelle et technologique de la gestion de la sécheresse. En plus d'un réseau de collecte de données et l'emploi d'images satellitaires, des modèles de prévision et de suivi de la survenue et de la progression d'événements secs sont élaborés, impliquant la mesure en temps réel des effets et des impacts. Des spécialistes (météorologues, hydrologues, agronomes, urbanistes) sont mobilisés pour analyser l'événement et son évolution et communiquent avec les différents partenaires gestionnaires de la sécheresse concernés par ses effets et ses impacts.

La sécheresse qui marque l'année 2021 dans l'Ouest américain est suivie grâce à ce partenariat institutionnel entre l'Université et les pouvoirs publics, et des cartes indiquant l'évolution de l'étendue géographique de la sécheresse et son degré de sévérité sont communiquées périodiquement aux différents acteurs. Ces cartes renseignent une panoplie de publics cibles, allant des gestionnaires des ressources en eau, des usagers de l'eau et des agriculteurs qui emploient le mode de culture en pluvial ou irrigué aux administrations publiques et aux assurances. Un exemple de carte produite le 14 septembre 2021 est présenté ci-après, montrant une grande partie de l'Ouest américain atteint par une sécheresse qui passe de sévère à extrême et devient exceptionnelle.

Ces cartes sont affinées par des approches bassins ou zones et par des données plus fines émanant du terrain (socioéconomiques et physiques), afin de prévoir un programme d'intervention adapté aux besoins (carte 9). Des guides de préparation et de gestion de la sécheresse sont élaborés pour chaque unité hydrologique et usage (bassin, ville, irrigation, agence de l'eau). L'appropriation par les usagers des directives du guide sur la sécheresse et le contrôle de son application sur le terrain sont renforcés par la formation préalable et la vulgarisation de la gestion de la sécheresse. Une évaluation de la prévision, de la gestion et des impacts de la sécheresse est effectuée après coup pour en tirer les leçons et améliorer le processus d'alerte précoce et de résilience à la sécheresse (outre l'agriculture, les feux de forêt ont favorisé cette grande conscience des effets de la sécheresse).

Carte 9. Évolution de l'étendue géographique de la sécheresse et son degré de sévérité



Source: Archive cartographique. carte national au 14 septembre 2021. <https://droughtmonitor.unl.edu/Maps/MapArchive.aspx>

1.6.5. Afrique du Sud: la sécheresse de 2015-2018 dans la ville du Cap

L'expérience vécue par l'Afrique du Sud, et particulièrement la ville du Cap, à la suite de la sécheresse de 2017-2018 est un exemple concret de toutes les étapes de la gestion de la sécheresse.

Les leçons apprises par la gestion de cette sécheresse montrent qu'il y a des possibilités d'améliorer la réponse à un déficit pluviométrique aigu. Il existe une gamme de mesures techniques, institutionnelles et financières qui ont contribué à réduire le risque de crise dans cette expérience. Bien qu'il y ait eu un certain nombre de réponses précoces avant 2017, en particulier des mesures d'économie de l'eau et de restriction de la demande, l'année 2017 marque l'intensification des réponses à la sécheresse. Il y a lieu de tirer les leçons des mesures d'atténuation qui ont catalysé la crise, obligeant les décideurs à mettre de côté le recours à des solutions de gestion des risques et de préparation de façon à éviter d'avoir à gérer des situations de crise.

L'expérience de l'Afrique du Sud montre que la sécheresse météorologique a débuté en 2015, et que la phase la plus sévère a démarré au début de l'année 2017. Elle a présenté les trois phases suivantes:

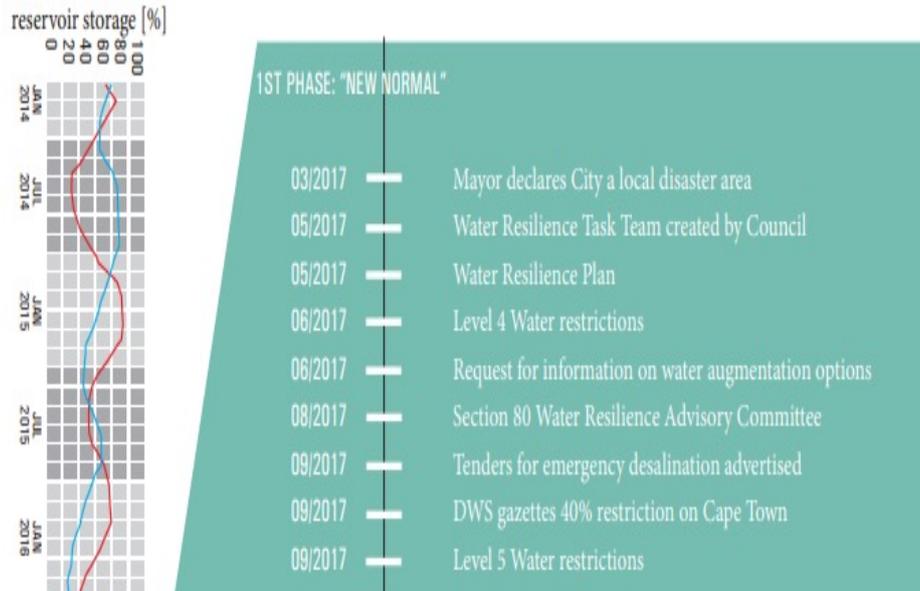
Phase 1, la «phase de nouvelle normalité» (2015 à 2017, figure 17). Cette phase est mise en œuvre afin de se préparer à un scénario de déficit important des précipitations hivernales par rapport à la moyenne interannuelle. Un comité consultatif sur le suivi des déficits est alors mis en place et siège de manière continue pour gérer le risque de sécheresse. Il est appuyé par des conseillers et des scientifiques à chaque fois qu'un sujet spécifique relatif à la sécheresse est présenté ou pour contribuer à la construction des scénarii de gestion. Cette approche participative a mobilisé des universités, des entreprises et la société civile (ONG).

Cette phase appelle à suivre la progression d'un risque de sécheresse, tout en se préparant à des scénarios plus sévères

et à présenter des plans d'intervention tactique dynamiques, obéissant à la progression des paramètres climatiques et hydrologiques et à la disponibilité et faisabilité des éléments nécessaires.

Pour gérer ce risque de sécheresse, il a été identifié un certain nombre d'options dont, en priorité, la mise à disposition de ressources en eau complémentaires pour éviter d'arriver à la situation de crise: forages d'eau additionnels, petites usines de dessalement pour l'eau potable alimentant les quartiers les plus vulnérables, réutilisation des eaux usées traitées tertiaires, campagnes de communication, engagement des acteurs pour gérer la demande et nouvelle tarification temporaire plus élevée.

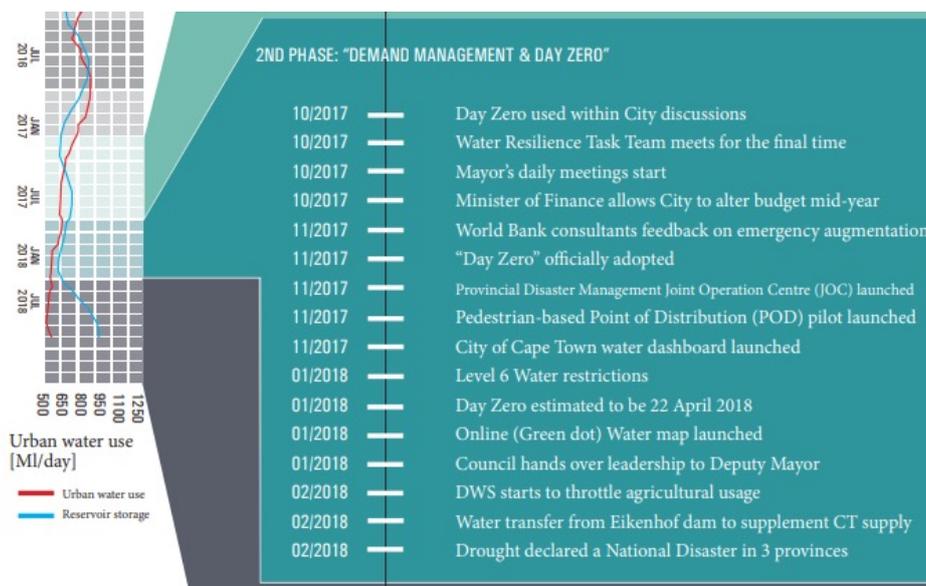
Figure 17. Phase de nouvelle normalité



Source: Ziervogel, G., 2019.

Phase 2, dite «le jour zéro» (fin 2017): la «phase de nouvelle normalité» est suivie de la phase dite «jour zéro» suite à l'absence de pluies lors de la période humide, et où l'alerte précoce de la persistance de la sécheresse confirme le début du passage d'une gestion du risque à une gestion de crise, telle qu'elle est décrite ci-après (figure 18). Il a été souligné l'importance de la gestion de la demande en eau, de l'efficacité des réseaux d'eau et de la réduction de la consommation excessive.

Figure 18. Phase 2 - jour zéro



Source: Ziervogel, G., 2019.

La phase 3 (fin 2018) est la phase de récupération après la crise de sécheresse, telle qu'elle est décrite ci-après (figure 19).

Figure 19. Phase de récupération



Source: Ziervogel, G., 2019.

De cette expérience ressortent quatre axes de résilience à la sécheresse, susceptibles d'aider à s'y adapter et à atténuer ses effets:

- Renforcer la gouvernance horizontale et transversale: la coordination entre les acteurs impliqués dans la gestion de la sécheresse est primordiale.
- L'harmonisation des plans et des actions sur le terrain est une pierre angulaire de l'actualisation des plans selon la réalité du terrain et de leur efficacité.
- Améliorer et mettre à disposition en temps opportun les données, les connaissances et la communication.
- Renforcer la gestion proactive et l'alerte précoce à la sécheresse pour implémenter efficacement un plan de gestion de sécheresse.

1.6.6. Observatoire européen de la sécheresse (EDO)

Il s'agit d'un exemple de coopération régionale à l'échelle européenne pour faire face à d'éventuelles sécheresses qui implique directement des institutions nationales spécialisées (météo, hydrologie). C'est le besoin accru de données régionales et nationales, d'informations et de connaissances scientifiques pour la prévision qui a amené à la mise en place de cet observatoire. Il s'occupe de quantifier les indices de sécheresse, d'élaborer des prévisions, d'analyser les situations en cours et de suivre la progression de la sécheresse en interprétant l'évolution des indices. À titre d'exemple, la publication mensuelle du suivi de la sécheresse du mois d'août 2020 met l'accent pour les acteurs de la sécheresse sur:

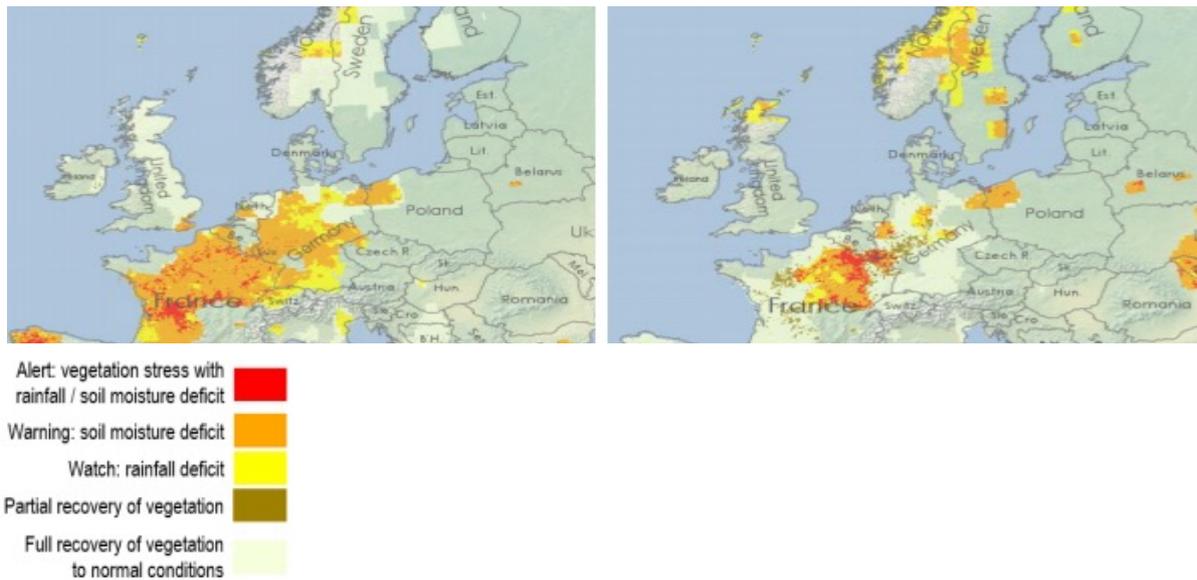
- (i) les précipitations;
- (ii) l'indice normalisé des précipitations (SPI);
- (iii) l'indicateur de sécheresse combiné (CDI);
- (iv) les températures;
- (v) le déficit d'humidité du sol;
- (vi) l'indice de faible débit dans les cours d'eau;
- (vii) le déficit de productivité de la végétation;
- (viii) les tendances du SPI;
- (ix) les impacts signalés.

L'indicateur de sécheresse combiné, basé sur les précipitations, l'humidité des sols et le rayonnement photosynthétique, permet d'identifier les zones présentant des signes de sécheresse, ou des zones retournant à un état bioclimatique normal. Cet indicateur met en évidence, pour le mois d'août 2020 (carte 10), un niveau de risque de sécheresse et des déficits pluviométriques dans la majorité des régions de France et d'Allemagne.

Sur cette base, les cartes détaillées dans les zones ciblées indiquent la sévérité de la sécheresse et aident à décider s'il faut ou non déclencher l'alerte précoce afin de préparer un train de mesures d'atténuation à partir des évaluations détaillées des impacts. L'autre indicateur qui caractérise le déficit d'humidité dans le sol permet une évaluation de la teneur en eau du réservoir sol, ce qui est en soi une mesure du risque de stress hydrique pour d'éventuelles cultures et de l'effet de sécheresse. Les cartes 10 et 11 montrent des déficits déclarés en juillet en France, Allemagne et au nord-ouest de l'Espagne. Cependant, le stock dans le réservoir sol s'est amélioré dans certaines régions de l'Angleterre.

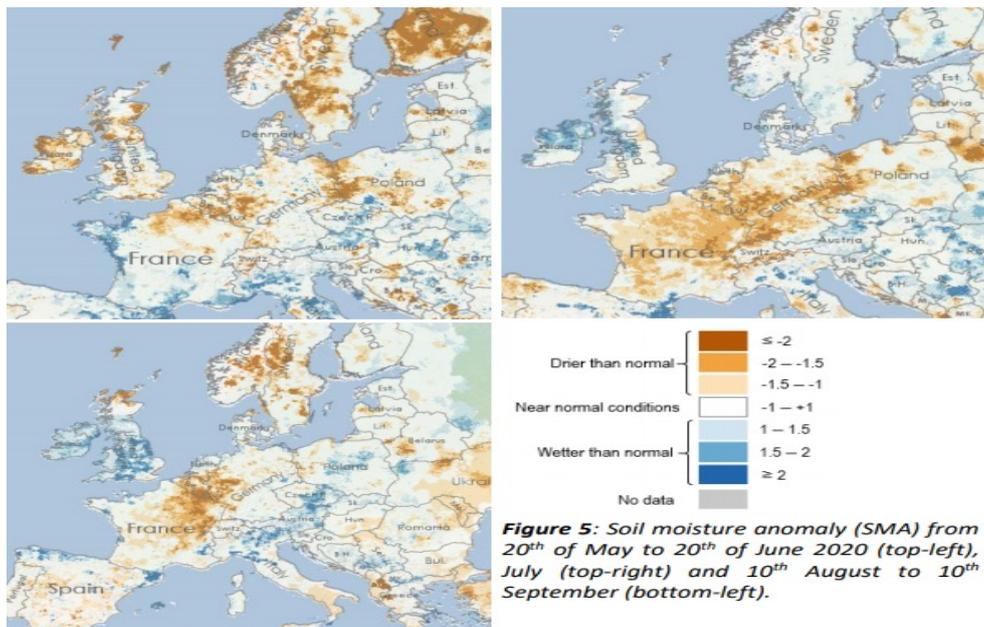
Les cartes 10 et 11 affichent les régions de France affectées par un stress hydrique pour deux décades du mois d'août, de même pour le nord-ouest de la Pologne et l'Italie, et indiquent que l'Angleterre a retrouvé une situation normale.

Carte 10. Indicateur de sécheresse combiné (CDI) pour la deuxième (à gauche) et la troisième (à droite) décade du mois d'août 2020



Source: Joint research centre European Drought Observatory (EDO). 2020. *Drought in Europe – September 2020*. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf.

Carte 11. Indicateur du niveau d'humidité des sols du 20 mai au 20 juin 2020 (en haut à gauche), juillet 2020 (en haut à droite) et du 10 août au 10 septembre 2020 (en bas)



Source: Joint research centre European Drought Observatory (EDO). 2020. *Drought in Europe – September 2020*. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf.

1.6.7. Initiative de résilience et de durabilité en cas de sécheresse (IDDRSI)

Lors du sommet de Nairobi de septembre 2011 des pays de la région de l'Afrique de l'Est, un engagement politique a été pris pour «mettre fin aux situations d'urgence dues aux sécheresses» (IGAD, 2013) et agir différemment face à la sécheresse. Il s'agit de: (i) appuyer l'élaboration d'une stratégie régionale de résilience à la sécheresse et sa durabilité; (ii) lancer des programmes et projets régionaux et renforcer les nationaux pour s'attaquer aux causes sous-jacentes de la vulnérabilité dans les zones sujettes à la sécheresse; (iii) promouvoir des pratiques de subsistance durables; et (iv) l'Autorité intergouvernementale pour le développement (IGAD) coordonnera et pilotera l'initiative régionale de résilience à la sécheresse.

À cet effet, l'IGAD s'est dotée d'une vision et d'une stratégie de résilience, sur la base d'une approche régionale et par pays, en concertation avec les acteurs clés. L'Initiative de résilience et de durabilité en cas de sécheresse (IDDRSI) a été portée par les

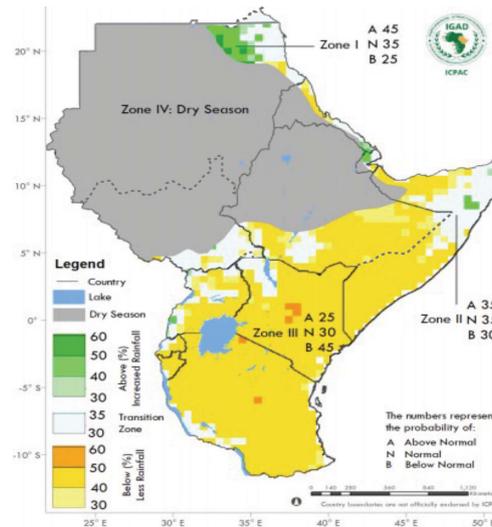
gouvernements des pays concernés; certaines actions relèvent de la souveraineté des pays et d'autres s'inscrivent dans le cadre de la coopération régionale dont l'IGAD assure le pilotage.

L'IGAD s'est dotée d'un centre de prévision et d'applications climatologiques (ICPAC) qui vient en appui au programme de résilience régionale. Il regroupe 11 pays (Djibouti, l'Érythrée, l'Éthiopie, le Kenya, la Somalie, le Soudan du Sud, le Soudan, l'Ouganda, le Burundi, le Rwanda et la Tanzanie), qui sont informés du suivi de la sécheresse et de l'alerte précoce, mais aussi du retour à des situations normales (récupération). Les pays disposent de cartes de situation de la sécheresse en cours, et ce, toutes les semaines ou décades.

En termes institutionnels, l'ICPAC est un centre régional de l'Afrique de l'Est, spécialisé pour la sécheresse et dépend d'une institution de l'Union africaine dont les pays sont membres, à savoir la Communauté régionale économique.

Voici à titre d'exemple deux cartes (12 et 13) pour la période octobre 2020 à décembre 2020 telles qu'elles sont produites et actualisées toutes les semaines.

Carte 12. Prévisions saisonnières pour octobre et décembre 2020

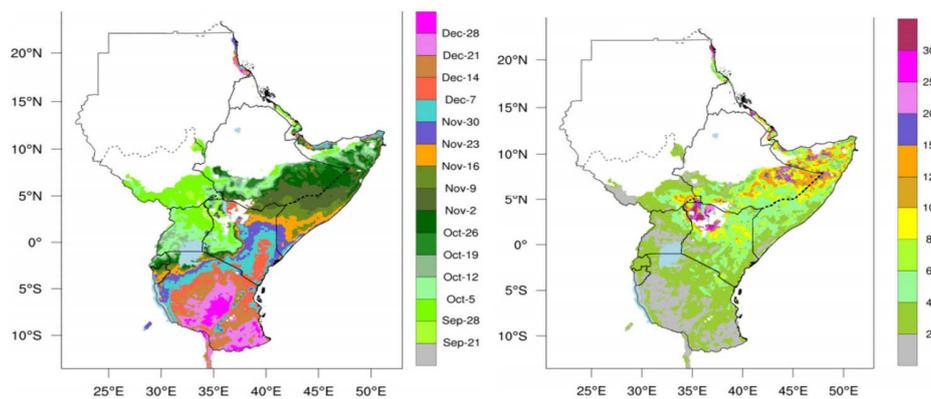


Source: **Autorité intergouvernementale pour le développement**. 2020. *Summary for Decision Makers SEASONAL FORECAST October to December 2020, rainfall season for Eastern Africa*. https://www.icpac.net/documents/295/GHACOF56_SummaryforDecisionMakers_OND2020.pdf, modifié en fonction des géodonnées des cartes des Nations Unies.

Note: Les lignes pointillées sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif. La frontière entre la République du Soudan et la République du Soudan du Sud n'a pas été déterminée.

La carte 13 montre la prévision des jours de sécheresse probablement attendus et la durée probable de l'événement sec.

Carte 13. Début et durée de l'événement sec



Source: **Autorité intergouvernementale pour le développement**. 2020. *Summary for Decision Makers SEASONAL FORECAST October to December 2020, rainfall season for Eastern Africa*. https://www.icpac.net/documents/295/GHACOF56_SummaryforDecisionMakers_OND2020.pdf, modifié en fonction des géodonnées des cartes des Nations Unies.

Note: Les lignes pointillées sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif. La frontière entre la République du Soudan et la République du Soudan du Sud n'a pas été déterminée.

La carte de droite indique le nombre de jours probable de l'événement sec une fois débuté (sept-déc. 2020) tandis que celle de gauche indique la date probable du début de l'événement sec.

Ces résultats sont obtenus à l'échelle régionale, avec une coordination régionale et une coopération intense des instances politiques et administratives des pays membres, et de leurs agences, centres et universités spécialisés.

1.6.8. Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel - Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie et hydrologie opérationnelle (CILSS/AGRHYMET)

Le Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) a été créé en 1973 à la suite des sécheresses qui ont frappé la région du Sahel. Il regroupe 13 États de l'Afrique de l'Ouest, dans l'espace de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Un pays maghrébin en fait partie, la Mauritanie, dont les caractéristiques géographiques sont semblables à celles de la région du Sahel.

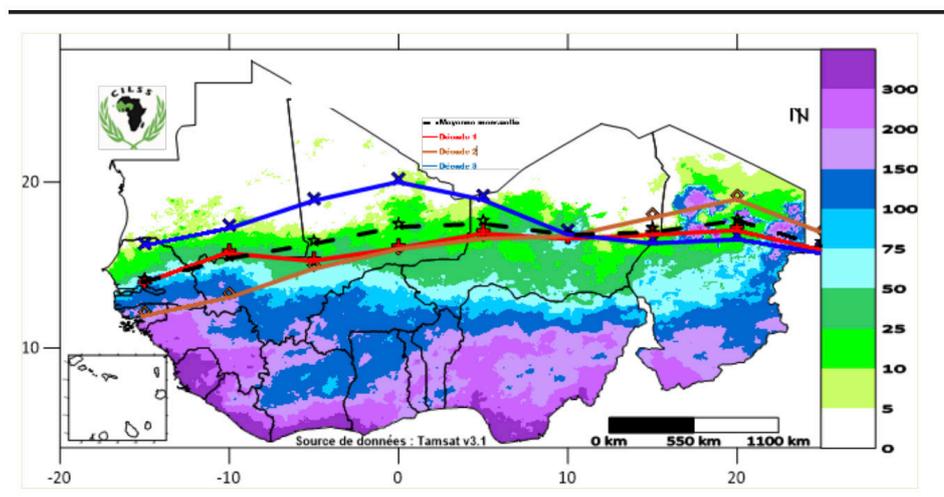
Le CILSS a une mission régionale de résilience à la sécheresse. Pour pouvoir mettre en œuvre sa politique, tout comme l'IGAD, il a créé le Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie et hydrologie opérationnelle (AGRHYMET), dédié au suivi de la sécheresse et à l'aide à la décision. Le centre intègre, au sein de la même institution, les activités de recherche et suivi en agriculture et production, hydrologie, ressources en eau et en terres et météorologie, pour compléter les indicateurs de sécheresse et contribuer à l'alerte précoce et au programme de résilience.

AGRHYMET joue un rôle régional dans la coordination et le renforcement de la stratégie de résilience à la sécheresse, par le renforcement de la coopération scientifique et technique sur la sécheresse, la collecte et le traitement/diffusion des données et informations pour l'aide à la décision. La capitalisation des expériences et des bonnes pratiques, le renforcement des capacités et la mobilisation des ressources pour des projets pilotes entre pays, appuient la mise en œuvre de la stratégie.

De manière périodique (tous les 10 jours) et grâce à un partenariat institutionnel étroit avec les centres spécialisés dans les différents pays, des cartes de surveillance de progression de la sécheresse sont publiées et des indicateurs sont évalués sur le terrain.

Les données sont recueillies sur les disponibilités en eau, l'état de l'humidité des sols, l'état de la végétation et de la biomasse des parcours, à l'aide des technologies spatiales. La carte 14 ci-dessous montre un exemple de surveillance de la sécheresse à travers les pluies décennales. Les analyses permettent la localisation des zones de déficit de production agricole et le niveau de déficit, ce qui alerte et permet de compléter par des enquêtes sur le terrain, afin de préparer la réponse à la sécheresse et les mesures adéquates d'atténuation et de renforcement de la résilience.

Carte 14. Positions moyennes (décade 1 = rouge ; décade 2=Marronne ; décade 3= bleue et moyenne mensuelle = Noire) et cumuls mensuel de précipitations de juin 2023



Source: AGRHYMET CCR-AOS. 2023. *Suivi de la campagne agropastorale au Sahel et en Afrique de l'Ouest*, bulletin mensuel, no 1. https://agrhytel.ciiss.int/wp-content/uploads/2023/08/bulletin_mensuel_Juin_2023.pdf

Cette expérience internationale, régionale ou nationale est mise à contribution ci-après, en termes comparatifs, avec le contexte du Maghreb pour élaborer une matrice SWOT. Celle-ci aidera à distinguer les opportunités offertes et les contraintes possibles, pour une vision et un programme de résilience à la sécheresse au niveau régional, ainsi que la complémentarité et le renforcement des programmes des pays.

2 LE RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB: VISION ET ORIENTATION AU NIVEAU RÉGIONAL

2.1. MESSAGES CLÉS

- Un plan de gestion proactive de la sécheresse suit et évalue l'événement en continu, prévoit des actions d'adaptation à moyen terme et des actions d'atténuation à court terme pour renforcer la résilience à la sécheresse et éviter la crise.
- Un système d'alerte précoce ou une évaluation pertinente des impacts ou de la vulnérabilité vont dépendre de la pertinence et de la fiabilité des informations d'évaluation qui viennent du terrain.
- La gestion de la sécheresse est bien mentionnée dans les codes de l'eau des pays ainsi que dans les plans de gestion.
- Les possibilités technologiques aujourd'hui disponibles sont à même de renforcer les actions de gestion proactive, d'alerte précoce et d'évaluation de la vulnérabilité.
- Les systèmes d'aide à la décision pour gérer la sécheresse se développent autour de systèmes d'information et de plateformes digitales qui permettent de produire des cartes régionalisées d'alerte précoce.
- Les mesures d'atténuation des effets de la sécheresse sont axées sur les importations pour couvrir le déficit alimentaire ainsi que sur l'amélioration de la production agricole adaptée à la sécheresse.
- Ces mesures cherchent des sources d'eau complémentaires à exploiter pour approvisionner en eau des zones touchées par la sécheresse.
- Les pays du Maghreb ont mis en place, depuis des décennies et en particulier après leur indépendance, d'ambitieux programmes d'adaptation à la sécheresse en vue de renforcer la résilience par le développement et la mobilisation des ressources en eau.
- Ces mesures d'adaptation continuent par la mobilisation d'importants investissements pour contribuer à plus de sécurité, en particulier pour l'eau potable et la production agricole en période de sécheresse.

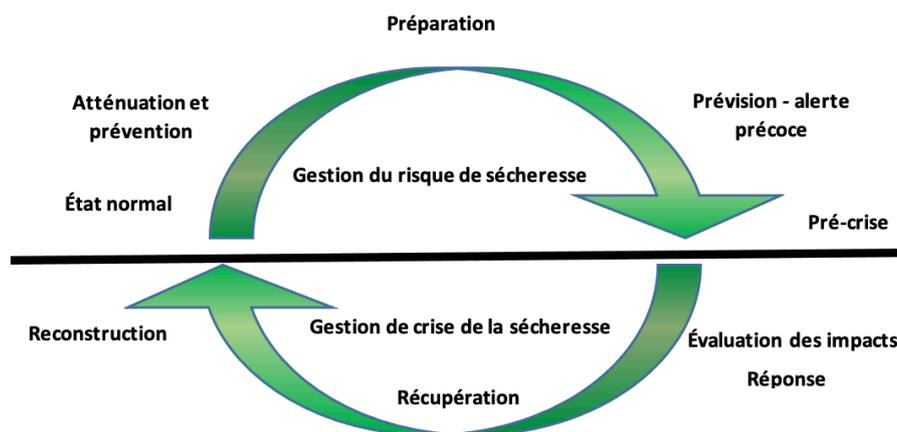
2.2. GESTION PROACTIVE – LES PLANS DE GESTION DE LA SÉCHERESSE DANS LES PAYS DU MAGHREB

2.2.1. Les éléments constitutifs d'un plan de gestion

Le risque de sécheresse peut s'exprimer par l'occurrence (ou la probabilité) de voir survenir des périodes successives sans précipitations, ou des pénuries d'eau dans les retenues des réservoirs et barrages et la vulnérabilité des systèmes liés à l'événement sec. Toutes les actions de préparation pour appréhender le risque de sécheresse, ainsi que la prévision et l'alerte précoce, permettent de se préparer et se prémunir contre la transition du risque vers une crise. Cette crise tendrait à devenir sociale et difficile à gérer. Les effets sociaux directs sont des flux migratoires importants vers les centres urbains, des déficits alimentaires et des maladies qui peuvent se propager rapidement entre humains et dans les troupeaux, principale source de revenus des agriculteurs et des populations rurales.

Un bon plan de gestion de la sécheresse prévoit la protection contre la survenue d'une crise et gère le risque par des programmes de renforcement de la résilience à la sécheresse des populations et des écosystèmes, des programmes et actions d'atténuation des effets, de préparation et de réponse au risque et à la crise. Les programmes d'adaptation (comme la gestion de la demande en eau au lieu de continuer à gérer l'offre) permettent de renforcer la résilience à la sécheresse des populations. Les échelles de temps pour la mise en œuvre de ces mesures peuvent aller du court au long terme (figure 20).

Figure 20. Cycle de la gestion du risque et de la crise de la sécheresse



Source: Theresa *et al.*, 2020.

La gestion du risque de sécheresse s'appuie sur les trois piliers suivants (OMM et GWP, 2014):

- (i) Un système d'alerte précoce qui identifie les tendances climatiques, la végétation et la biomasse, ainsi que les ressources en eau et en sols. Ces derniers sont analysés à travers des indicateurs de stress hydrique et de degré de sécheresse, dont l'information sur la progression est nécessaire aux décideurs et aux populations pour se préparer.
- (ii) Une évaluation des impacts de la sécheresse et de la vulnérabilité des populations et de leur environnement. Il s'agit d'une étape importante de suivi sur le terrain afin de comprendre les processus socioéconomiques reliés à la sécheresse, les situer dans l'espace et les prévoir à chaque fois que cela est nécessaire. L'ampleur des programmes d'atténuation va dépendre de la bonne connaissance des réalités du terrain vis-à-vis du phénomène de sécheresse, pour décider des meilleures actions d'atténuation.
- (iii) Des programmes de préparation et de réponse à la sécheresse. Leur efficacité va dépendre de la pertinence et de la fiabilité des informations d'évaluation provenant du terrain.

Disposer d'une carte détaillée des zones vulnérables et de leur degré de vulnérabilité jusqu'au niveau local est primordial. L'efficacité de la gestion de crise de la sécheresse réside dans cette connaissance détaillée de ses impacts possibles et du milieu qui subit ses effets et sa capacité à y faire face. Un plan de gestion de la sécheresse n'est pas absolu, il est développé selon les caractéristiques et réalités du pays et de la région, et trouve son efficacité dans cette connaissance du milieu, en plus de la disponibilité de mécanismes légaux et institutionnels qui vont permettre l'exécution des actions en temps opportun. Il est proposé un programme d'action en trois grandes étapes (Mannava *et al.*, 2011):

- suivi de la sécheresse et système d'alerte précoce, y compris la réduction des effets, la préparation de la réponse et de la récupération;
- évaluation de la vulnérabilité et des impacts;
- secours et intervention d'urgence.

Il a été proposé à cet effet un plan d'action de gestion de la sécheresse en dix étapes indiquées ci-dessous (OMM et GWP, 2013):

Étapes du plan d'action de gestion de la sécheresse

- Étape 1.** Créer une commission chargée de la politique nationale de gestion de la sécheresse.
- Étape 2.** Énoncer ou préciser les buts et les objectifs d'une politique nationale de gestion de la sécheresse fondée sur les risques.
- Étape 3.** Inviter les parties intéressées à participer au processus, cerner et résoudre les conflits entre les principaux secteurs consommateurs des ressources en eau, sans négliger les aspects transfrontières.
- Étape 4.** Recenser les données et les moyens financiers disponibles et identifier les groupes menacés.
- Étape 5.** Définir les grands principes de la politique nationale de gestion de la sécheresse et des plans de préparation, notamment le suivi, l'alerte précoce et la prévision, l'évaluation des risques et des impacts, l'atténuation et l'intervention.
- Étape 6.** Déterminer les recherches à entreprendre et combler les lacunes d'ordre institutionnel.
- Étape 7.** Intégrer les aspects scientifiques et politiques de la gestion de la sécheresse.
- Étape 8.** Faire connaître la politique nationale de gestion de la sécheresse et les plans de préparation, en expliquer le contenu et obtenir l'adhésion de la population.
- Étape 9.** Élaborer des programmes de sensibilisation à l'intention de tous les groupes d'âge et de toutes les parties intéressées.
- Étape 10.** Évaluer et revoir la politique nationale de gestion de la sécheresse et les plans de préparation.

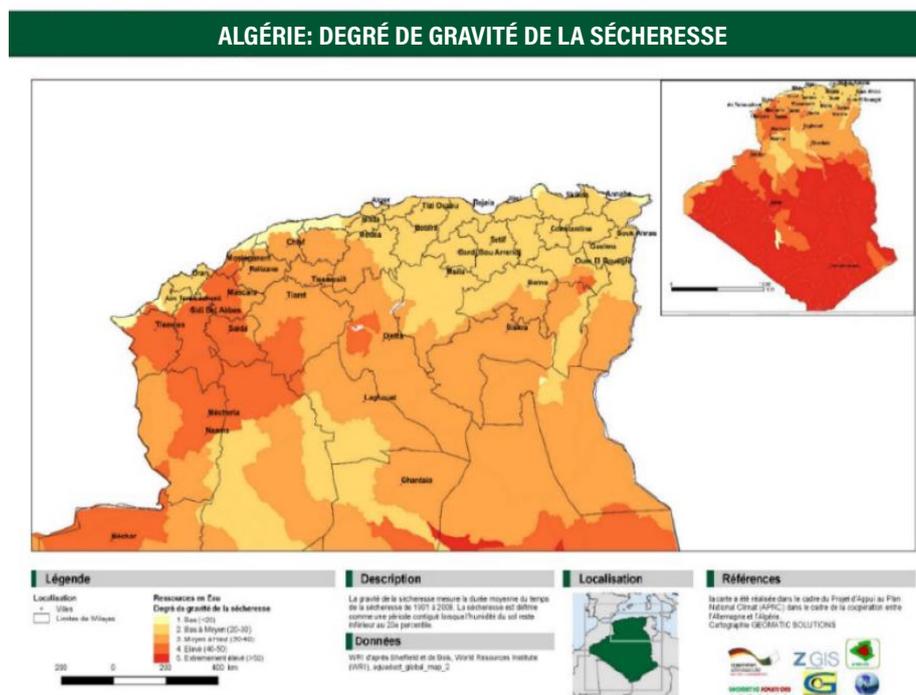
Les pays du Maghreb ont adhéré à ce processus grâce à leur longue expérience de gestion intégrée des sécheresses, couvrant surtout les différentes dimensions techniques et socioéconomiques. À titre d'exemple, la Mauritanie dispose d'un plan sécheresse avancé et déployé dans les pays du Sahel et en partie soutenu par le CILSS. L'Algérie dispose depuis 2019 d'un plan de gestion de la sécheresse appuyé par le CNULCD et Maroc a créé en 2000 un observatoire national de la sécheresse.

2.2.2 Exposé de plans de gestion de sécheresse dans les pays

Les piliers du plan national de gestion de la sécheresse en Algérie

Tout comme les autres pays du Maghreb, l'Algérie connaît la rareté des ressources en eau et la désertification, exacerbées par des événements secs parfois sévères qui impactent la vie socioéconomique et naturelle. La dernière étude sur la sécheresse (GIZ, 2017) a présenté une carte de gravité de la sécheresse, montrant la fragilité de la région nord-ouest en particulier (en rouge sur la carte 15 ci-dessous). Cette carte édite la durée moyenne de la sécheresse de 1901 à 2008, d'après les données pluviométriques de l'Institut des ressources mondiales (WRI, 2017).

Carte 15. Degré de gravité de la sécheresse en Algérie



Source: Safar-Zitoun, M. 2019. *Plan national sécheresse Algérie, lignes directrices en vue de son opérationnalisation*. UNCCD. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan_National_Sécheresse_Algerie_version3.2_déf.300619-3-version-20-12-2019-converti.pdf.

L'Algérie reconnaît le besoin d'un plan sécheresse afin de disposer d'outils permettant une démarche proactive de la gestion de l'événement sec. Son plan sécheresse élaboré (CNULCD, 2018) s'appuie principalement sur le suivi des tendances climatiques à court terme et l'émission d'alertes de début de l'événement, qui visent des secteurs d'usage de l'eau différents dont, en particulier, l'eau potable et l'agriculture. Son objectif est de promouvoir une démarche d'évaluation du risque et de la vulnérabilité, de prévention par l'alerte précoce et d'atténuation du risque avec une vue intégrée qui implique les effets sociaux (surtout les populations vulnérables) et économiques sur l'ensemble des secteurs affectés par la sécheresse.

Le plan a pris en compte les priorités dans les différentes stratégies sectorielles, qui serviront à évaluer la vulnérabilité et orienter les actions d'atténuation:

- (i) développement durable;
- (ii) conservation et utilisation durable de la diversité biologique;
- (iii) changements climatiques;
- (iv) lutte contre la pauvreté et l'exclusion;
- (v) population et développement;
- (vi) développement agricole durable;
- (vii) aménagement du territoire.

Le plan national algérien de gestion de la sécheresse est déjà conforté par l'adoption de certaines solutions d'atténuation de la sécheresse et de programmes et projets (approvisionnement en eau potable et production d'eau dessalée, irrigation et usage local des eaux usées traitées), déjà pris en compte dans le Plan national de l'eau qui court jusqu'en 2035.

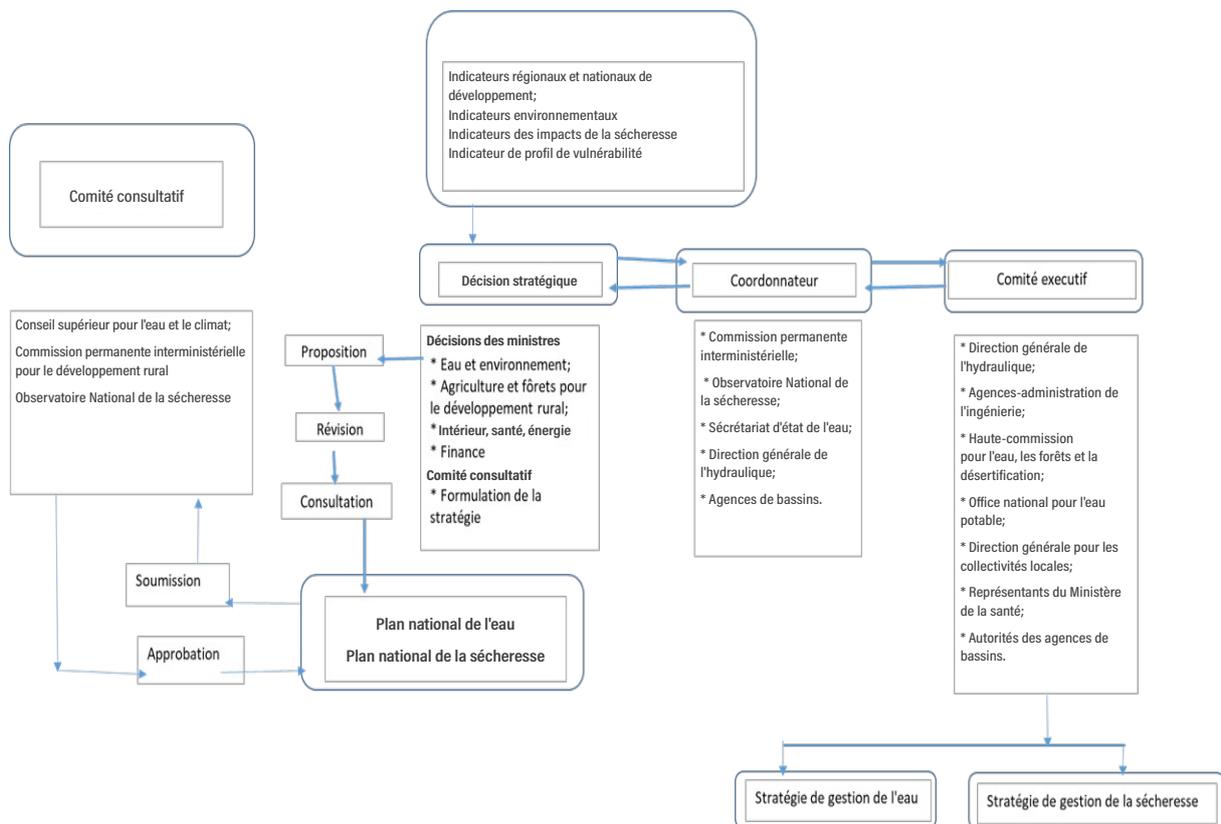
Les piliers du Plan national de gestion de la sécheresse au Maroc

Le dispositif mis en place au Maroc se focalise sur trois piliers (OSS, 2013): (i) un système de suivi et d'alerte précoce, qui a été appuyé par la création d'un observatoire national, dont la mission est d'affiner les prévisions et d'évaluer les impacts plausibles; (ii) le déploiement d'outils d'aide à la décision développés pour cet objectif grâce à des partenariats avec l'Université, (iii) l'élaboration de plans d'urgence pour l'atténuation des effets de la sécheresse ciblant surtout l'échelle locale.

Au Maroc, la loi n° 10-95 détaille les actions à entreprendre par les divers organismes impliqués dans la gestion de la sécheresse, comme les agences de bassins et les offices régionaux de mise en valeur agricole (ORMVA), et les outils à utiliser en cas d'événements extrêmes, dont la sécheresse et les inondations (Ouassou *et al.*, 2007). Le Maroc est doté de neuf agences de bassins hydrauliques disposant d'importantes attributions en matière de gestion et de protection des ressources, y compris lors des sécheresses (figure 21). Dans la section de la loi relative aux agences de bassins hydrauliques, la loi n° 36-15 de 2016 stipule que l'agence de bassin hydraulique est chargée de la gestion et de la préservation de l'eau, ainsi que de la prévention des effets des phénomènes climatiques extrêmes, notamment les inondations et la sécheresse.

Dans le cas de la survenue d'une sécheresse, il est spécifié que l'agence de bassin hydraulique établit un plan de gestion de la pénurie d'eau, en concertation avec l'administration, les établissements publics et les collectivités territoriales concernés. Ce plan doit contenir des mesures préétablies selon le degré de pénurie et intégrer tous les secteurs usagers, pour une gestion proactive de la pénurie d'eau. Il est important de voir que dans la loi sur l'eau au Maroc, comme dans les autres pays du Maghreb, il est mis l'accent sur le terme de gestion proactive dans un cadre légal qui traite de la sécheresse.

Figure 21. Organisation de la réponse proactive à la sécheresse agricole et hydrologique au Maroc



Source: Ouassou *et al.*, 2007.

L'Observatoire national de la sécheresse (ONS) mis en place au Maroc a bénéficié pendant un temps de l'appui logistique et scientifique de l'Institut agronomique et vétérinaire (IAV) Hassan II et a surtout coopéré avec des partenaires comme le Ministère de l'agriculture. Les activités de cet observatoire ont été renforcées dans le cadre d'un projet maghrébin intitulé «Alerte précoce de la sécheresse», mené par plusieurs partenaires maghrébains et avec l'appui de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, basé à Tunis (OSS, 2013).

Les activités du projet avec l'OSS ont abouti à la définition des zonages agroécologiques et météorologiques, à la mise en place d'indicateurs de vulnérabilité structurelle (caractéristique de la région) et conjoncturelle selon la sévérité de l'événement sec, à la création d'un système de circulation de l'information et à l'élaboration d'un bulletin d'information. L'absence d'un cadre institutionnel clair a toutefois limité les actions de ce projet qui aurait pu être le début d'un programme plus ambitieux à l'échelle du Maghreb.

Comme dans les autres pays du Maghreb, il a été développé une panoplie d'actions expérimentées et rodées sur le terrain, que ce soit sur le plan technique ou logistique, ou sur le plan légal, institutionnel et organisationnel. Ce qui est en vigueur au Maroc est valable pour tous les autres pays du Maghreb en termes de: (i) approvisionnement en eau potable, (ii) protection du cheptel (distribution de fourrages et soins vétérinaires), (iii) création d'emplois pour les ouvriers agricoles afin d'éviter les flux d'exode rural vers les villes (entretien des infrastructures).

Pour le long terme, le Maroc, comme les autres pays maghrébains, cherche à minimiser sa dépendance économique et à réduire la vulnérabilité récurrente de son environnement socioéconomique dépendant des pluies. Toute une série de programmes et de

projets d'investissement intégré dans l'ensemble des secteurs économiques susceptibles d'être affectés par un manque de pluie et une sécheresse, surtout le secteur hydroagricole et énergétique, sont lancés depuis quelques décennies pour minimiser le couplage eau/développement et stabilité socioéconomique. Il existe au Maghreb une école de l'eau (dans le sens de l'expérience et des connaissances acquises) et de la gestion de la sécheresse dont les cadres institutionnels et organisationnels commencent à se développer et les acquis techniques d'adaptation sont par ailleurs considérables (récolte des eaux de pluie, gestion de l'eau souterraine, déplacement du cheptel d'un bassin d'eau à l'autre).

En effet, la réussite de la gestion de la sécheresse renvoie à l'approche intégrée des pratiques de gestion des pays du Maghreb, ainsi qu'à une organisation sociale et des pratiques d'adaptation acquises depuis des décennies, qui ont renforcé la résilience des populations à la sécheresse. Aujourd'hui, ces connaissances acquises et cette organisation des populations pour faire face à la sécheresse sont en voie de disparition compte tenu des bouleversements sociaux et de l'urbanisation effrénée, dus à l'adoption d'un certain modèle socioéconomique, basé de plus en plus sur la consommation, le service à domicile et sur la petite et la grande distribution.

Ainsi, les pays éprouvent de plus en plus de difficultés à sortir d'une crise provoquée par une sécheresse sévère, à laquelle ils ne sont pas bien préparés comme d'ailleurs un peu partout dans le monde mais à des degrés divers. La réaction à la crise est généralement a posteriori, coûte cher au pays et au contribuable, et a de grands impacts dans les zones les plus vulnérables.

Des programmes d'urgence et de secours sont alors lancés pour en atténuer les effets immédiats mais ils ne réduisent en rien la vulnérabilité à moyen et long terme. Il est de plus en plus nécessaire de poursuivre la voie du renforcement de la résilience par des solutions d'adaptation à la sécheresse basées sur l'expérience des populations, la prévision et la préparation, l'atténuation des effets de la sécheresse et la gestion du risque plutôt que la crise. Les dix étapes présentées précédemment sont très utiles dans ce contexte en tant que méthode.

L'Observatoire national de la sécheresse mérite d'être renforcé pour pouvoir s'attaquer à l'objectif d'alerte précoce et de résilience à la sécheresse, grâce à des partenariats avec les centres spécialisés (recherche, météo, ressources en eau). L'expérience a déjà été réalisée aux États-Unis où a été développé un partenariat particulier sur la sécheresse entre le Centre national d'atténuation de la sécheresse (NDMC) de l'Université du Nebraska et l'administration (Département de l'agriculture). Le résultat est la production de cartes hebdomadaires pour la progression des indicateurs de sécheresse ainsi que le suivi des données (météorologiques, hydrologiques, agricoles) qui sont analysées et corroborées sur le terrain par la participation des acteurs et des parties prenantes.

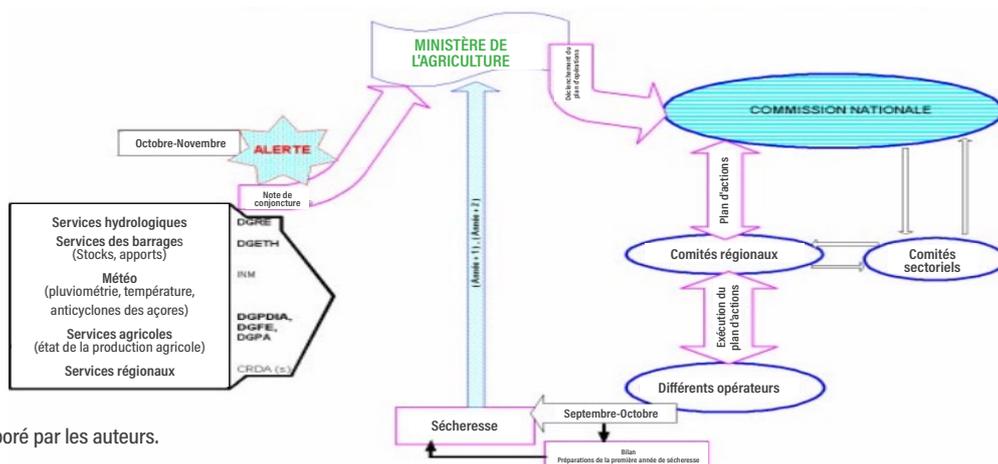
Ces cartes et indicateurs servent à lancer l'alerte précoce de sécheresse, à la prévision des impacts et à la préparation des mesures d'atténuation. Elles aident le décideur à lancer son programme de préparation et d'intervention à temps et à établir des priorités dans les actions d'atténuation.

La coordination de la gestion de la sécheresse en Tunisie

Le Code des eaux tunisien a été actualisé en 2021, après maintes discussions et débats avec l'ensemble des acteurs intervenant dans le secteur de l'eau. Le chapitre 6 du Code est réservé à la gouvernance du risque de sécheresse et de rareté de l'eau. Il est mis l'accent sur les actions d'adaptation, telles que la mobilisation des ressources en eau, leur transfert, les actions de récolte des eaux de surface y compris dans les espaces urbains, d'économie d'eau et de recharge des nappes pour faire face à la sécheresse. Le partenariat avec la société civile est mis en exergue, surtout en ce qui concerne la participation à la planification, aux études et aux plans de gestion de l'eau en période de sécheresse, pour garantir un minimum d'efficacité et d'adhésion et en minimiser les effets et les impacts.

Sur le plan institutionnel, il existe un Conseil national de l'eau qui propose au Ministère en charge de l'eau la déclaration d'un état de sécheresse dans une zone donnée et les actions d'atténuation à entreprendre (figure 22). De même, il est effectué un arbitrage entre les usages de l'eau et entre les usagers pour la durée de l'événement, en vue de définir les allocations ou d'interdire des usages non primordiaux et non prioritaires. Cet arbitrage fait intervenir les organisations professionnelles (association d'agriculteurs, agro-industriels, associations des usagers de l'eau, représentants des régions). Cette fonction d'arbitrage est pour le moment centralisée au Ministère de l'agriculture, de la pêche et des ressources hydrauliques, mais elle mérite d'être approfondie et appuyée par des règles générales concertées et transparentes.

Figure 22. Diagramme des différentes rubriques d'un plan de sécheresse en Tunisie (Eau 2030)



Source: élaboré par les auteurs.

Le plan de gestion de la sécheresse en Mauritanie

La Mauritanie est le pays maghrébin de transition entre le Sahara et le Sahel. Sa longue saison sèche s'étend d'octobre à juin, et la période pluvieuse dure de juillet à début octobre, très semblable au climat sahélien (Leroux, 1983). La Mauritanie a acquis une expérience importante dans la préparation à la sécheresse, surtout en matière d'actions d'atténuation concertées avec les communautés d'éleveurs et de gestion des parcours. Les gestionnaires de la sécheresse savent que la bonne ou mauvaise année est directement liée à la qualité des apports pluviométriques de la période juillet- octobre.

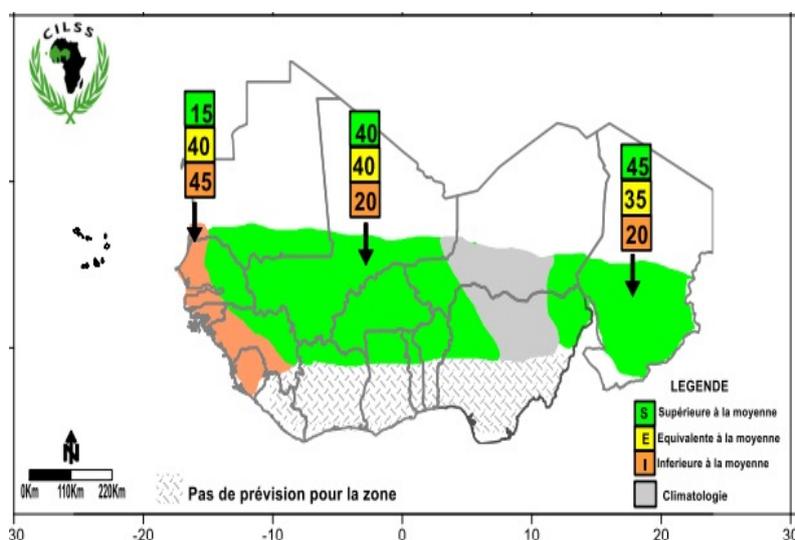
Les conditions climatiques en Mauritanie sont sévères et une grande partie du territoire est désertique, n'offrant que peu d'espace pour des terres arables mais beaucoup d'opportunités pour des terres de parcours, d'éventuelles terres irriguées ou d'éventuelles oasis si l'eau venait à être disponible. La Mauritanie participe au cadre de suivi de la sécheresse développé par le CILSS et est aussi membre de l'OMVS et de la gestion du fleuve Sénégal.

Les sécheresses de 2011-2012 et 2017-2018 ont été difficiles à gérer du fait du grand nombre de personnes affectées (plus d'un million de personnes avec des difficultés d'accès à l'eau et à la nourriture), et des importants moyens nécessaires pour gérer les urgences (FAO, 2018). Ces plans d'urgence constituent une solution devenue structurelle. L'expérience mauritanienne montre que l'un des facteurs de la réussite des plans d'urgence ou de résilience à long terme est l'implication des communautés, et la place que les femmes occupent est importante dans tout programme de résilience à la sécheresse puisque, bien souvent, dans les communautés rurales sédentaires, les hommes partent en ville pour le travail.

La Mauritanie a développé nombre d'initiatives en matière de politique de développement. Elle dispose de la Stratégie de croissance accélérée et de prospérité partagée (SCAPP 2016-2030), qui a pour objectif de renforcer la résilience des plus démunis et des personnes vulnérables, ainsi que les capacités d'adaptation aux phénomènes naturels climatiques, dont la sécheresse. De même, la stratégie nationale de sécurité alimentaire 2015-2030 prévoit de renforcer l'adaptation aux changements climatiques et la résilience à la sécheresse des groupes vulnérables, de renforcer l'alerte précoce par la prévention et la gestion du risque.

La Mauritanie bénéficie des travaux du centre AGRHYMET, qui publie périodiquement des bulletins de suivi de la sécheresse (bulletin spécial PRESASS) et la position des secteurs impactés, et émet des conseils tels que les dates de semis probables. Les figures 23, 24 et 25 montrent les prévisions et les alertes sur les déficits pluviométriques probables sur la Mauritanie, les occurrences de sécheresses et les impacts sur les dates de semis pour la période de juillet à septembre 2021.

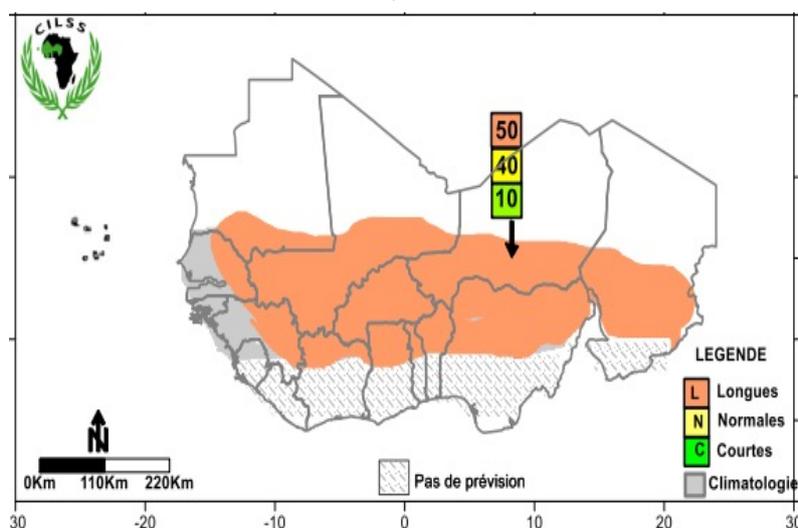
Figure 23. Prévision des cumuls de précipitations pour la période de juillet-septembre 2021 (zone sahélienne y compris la Mauritanie)



Source: CILSS (Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel). 2021. *Mise à jour des prévisions saisonnières des caractéristiques Agro-Hydro-Climatiques de la saison des pluies 2021 pour les pays du CILSS/CEDEAO.*

<https://agrhymet.cilss.int/previsions-saisonnieres-climatiques-mensuelles/>

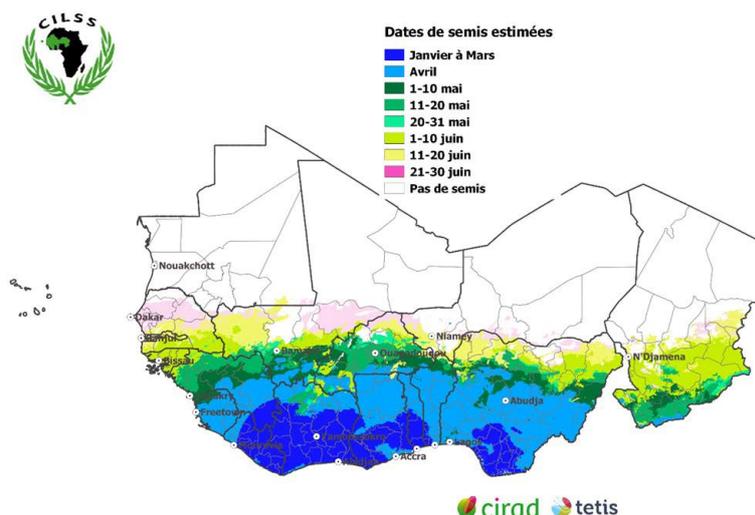
Figure 24. Mise à jour de la prévision des durées des séquences sèches maximales au début de la saison des pluies 2021 (zone sahélienne y compris la Mauritanie)



Source: CILSS (Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel). 2021. *Mise à jour des prévisions saisonnières des caractéristiques Agro-Hydro-Climatiques de la saison des pluies 2021 pour les pays du CILSS/CEDEAO.*

<https://ccr-agrhymet.cilss.int/index.php/consensus-seasonal-forecasts/>

Figure 25. Dates de semis estimées pour les céréales pluviales (zone sahélienne y compris la Mauritanie)



Source: AGRHYMET CCR-AOS. 2021. *Suivi de la campagne agropastorale au Sahel et en Afrique de l'Ouest, Bulletin mensuel.*

<https://agrhymet.cilss.int/wp-content/uploads/2018/12/Bulletin-mensuel-Ao%C3%BBT-2020.pdf>

La Libye ne dispose pas actuellement, en 2023, d'un plan de gestion de la sécheresse ni d'un système d'alerte précoce. Mais le pays a déjà initié des études pour la mise en place d'une stratégie de gestion de la sécheresse (CNULCD, 2023) et d'un plan de résilience à la sécheresse. Les données, études et informations concernant la sécheresse sont en train d'être collectées par le centre d'archivage et d'information du Ministère de l'agriculture.

2.3. LES PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES DE LA RÉPONSE À LA SÉCHERESSE

2.3.1. Initiative Main dans la main

La FAO a lancé l'Initiative Main dans la main qui met l'accent sur l'importance de l'apport technologique dans la gestion des aléas et des ressources naturelles. Cette initiative apporte son appui à la résilience à la sécheresse pour la réduction de la vulnérabilité, et la promotion d'une action plus proactive pour réduire les risques. Sa composante régionale pour l'Afrique du Nord consiste à développer une résilience aux crises, y compris celles générées par la sécheresse, et à investir pour l'alerte précoce.

Dans ce but, une plateforme géospatiale a été mise en œuvre. Il existe d'autres plateformes qui ont pour objectif le renforcement de la digitalisation agricole et la gestion de la sécheresse qui peuvent être encore développées et améliorées dans le contexte maghrébin. Citons, par exemple, la plateforme Services agricoles et inclusion numérique en Afrique (SAIDA) qui intègre les données sur le suivi et analyse des prix alimentaires locaux, très sensible aux effets de la sécheresse et, surtout, le Système

d'indice de stress agricole (ASIS). Ce dernier joue un rôle de veille sur les zones agricoles à forte probabilité de stress hydrique et de sécheresse, en utilisant des images et données satellitaires à une résolution de 1 km. Il simule l'analyse que les experts en télédétection et les agronomes entreprendraient localement. Le système est actualisé tous les 10 jours et contient des données historiques remontant à 1984. Le portail sécheresse de la FAO permet d'accéder aux connaissances sur la gestion intégrée de la sécheresse et d'informer sur les outils, les solutions validées sur le terrain et les leçons apprises pour améliorer la résilience et appuyer à la réponse proactive à la sécheresse.

Mais ceci nécessite une grande présence locale et un suivi permanent pour faire en sorte que les analyses puissent remonter au niveau de l'aide à la décision avec un minimum d'erreurs. L'introduction technologique et son calibrage sur les réalités du milieu, pour le cas précis de la résilience à la sécheresse dans les pays du Maghreb, pourront constituer le défi pour le présent et le futur proche.

Le secteur le plus touché négativement par la sécheresse, directement et largement, est l'agriculture qui demeure demandeuse de technologies pour ajuster ses réponses face aux défis, notamment, du changement climatique et de la sécheresse.

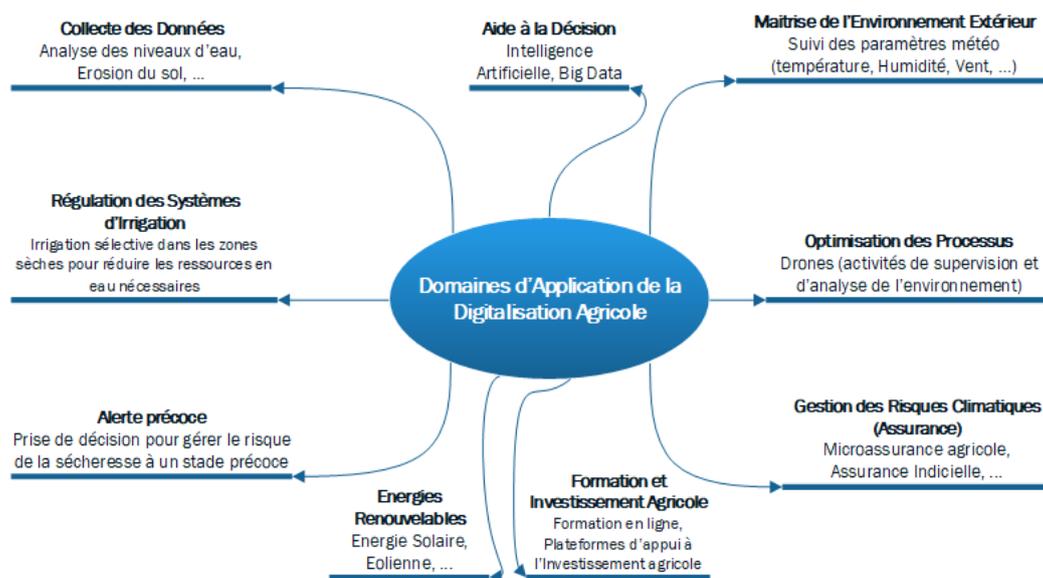
Par analogie avec la quatrième révolution industrielle communément appelée «industrie 4.0», le nouveau modèle agricole porte le nom d'agriculture 4.0 (Rose *et al.*, 2020). Ce nouveau modèle accompagne les transformations dans l'organisation de la gestion des sécheresses (entre autres) par le biais de technologies digitales telles que l'intelligence artificielle (IA), les métadonnées (Big Data) et l'internet des objets. Cette dernière technologie regroupe l'ensemble des objets connectés par réseau ou par satellite, qui échangent entre eux et avec des plateformes informatiques, qui automatisent certaines tâches ou pour remonter des flux de données. Ceci est conditionné par une clarté dans l'organisation de la gestion de la sécheresse à tous les niveaux, du central au local.

L'agriculture 4.0 développe de nouveaux usages et modes opératoires qui transforment l'ensemble de l'écosystème agricole «traditionnel» sur la base des dernières technologies digitales. On peut citer, à titre d'exemple, les systèmes d'irrigation connectés. Cette révolution agricole vers le numérique du XXIe siècle pousse à chercher et à adopter de nouvelles pratiques, surtout pour la gestion de la demande en eau d'irrigation et l'économie d'eau appliquée chez l'agriculteur, qui sont des mesures d'adaptation pour l'amélioration des capacités de résilience à la sécheresse (télédétection, emploi de drones, détection collective de données).

Cette dernière innovation dans la collecte de données par les acteurs directement concernés par la sécheresse au niveau local, et leur croisement par plusieurs partenaires, permettra une plus grande contribution directe depuis le terrain et les centres spécialisés, enrichissant ainsi la base de données historiques et la disponibilité d'informations en temps réel, nécessaires pour les prévisions et pour l'alerte précoce.

La digitalisation va transformer la gouvernance des ressources en eau et en terres. Dans le cas précis de la résilience à la sécheresse, la figure 26 donne un exemple d'applications de la digitalisation dans le domaine agricole et de la gestion du risque de sécheresse.

Figure 26. Domaines d'application de la digitalisation agricole



Source: élaboré par les auteurs.

Dans la région du Maghreb, les institutions de recherche et de suivi de la sécheresse font usage de technologies avancées (télédétection, système d'information géographique, mesures et instrumentation, modélisation, identification d'indicateurs).

Ces efforts gagnent à être renforcés pour l'emploi de technologies innovantes dans le domaine de la prévision et de l'alerte précoce, de l'adaptation et de l'atténuation des effets de la sécheresse dans un contexte de changements climatiques.

2.3.2. Application de l'internet des objets (IoT)

Les objets connectés (IoT) restructurent aujourd'hui l'ensemble de la chaîne agricole. Ils permettent, par exemple, la prédiction et la prévention de risques ou de crises. Les données collectées par les acteurs et opérateurs du secteur agricole et les capteurs sont stockés dans le cloud et sont accessibles en temps réel. En particulier, lors des survols de zones de cultures ou de parcours, les drones sont pilotés afin de gérer diverses activités, telles que les photos de l'état de la biomasse sur les terres de parcours et le suivi des ressources en eau de surface.

2.3.3. Maîtrise de l'environnement soumis à la sécheresse

Téledétection

La téledétection est une source d'information privilégiée, qui cible un vaste espace touché par la sécheresse, tout en se focalisant sur des unités de petite taille selon la résolution des images satellitaires. La combinaison de plusieurs sources d'information, telles que les données météorologiques et les images satellitaires, permet d'obtenir des indices de stress hydrique et de sécheresse, découlant des indices de végétation (NDVI). Avec une bonne résolution, il est possible d'aller dans le détail pour caractériser l'évolution des impacts des sécheresses et orienter les programmes de résilience et d'urgence. L'usage de drones apporte encore davantage de précision et permet la validation de l'interprétation des données.

Énergies renouvelables

Les régions arides ou à fort risque de sécheresse bénéficient d'un ensoleillement exceptionnel et disposent d'un potentiel considérable en matière d'énergies renouvelables et de centrales solaires. La région du Maghreb commence à adhérer à la production d'énergie solaire, à en retirer des avantages économiques et à remplacer l'énergie hydroélectrique.

Ces nouvelles formes d'énergie sont de plus en plus compétitives, permettent de développer de nouveaux systèmes de purification et de désalinisation des eaux saumâtres en particulier, et apportent une contribution précieuse dans l'approvisionnement en eau potable (rurale surtout), et pour la possibilité d'irrigation à petite échelle et de pompage de l'eau, tout en ayant le souci de la durabilité des ressources en eau fragiles.

2.3.4. Renforcement des capacités pour la gestion de la sécheresse: apprentissage électronique

À l'ère de la digitalisation et des informations et formations en ligne, l'alerte précoce et la résilience à la sécheresse s'enrichiront et répondront au mieux à la planification ou à la mise en œuvre de ces programmes par la participation des différents acteurs impliqués. Il est ainsi important d'assurer la mise en valeur des ressources humaines, notamment la formation, l'échange de données d'expérience et de connaissances spécialisées, le transfert de connaissances et l'assistance technique pour le renforcement des capacités, même institutionnelles, de planification, de gestion et de suivi.

2.3.5. Intelligence artificielle et apprentissage automatique pour l'alerte précoce à la sécheresse

Il s'agit d'un outil ayant pour objectif l'aide à la prise de décision, sur la base d'indicateurs de progression de la sécheresse à un stade précoce. Un système d'alerte précoce à la sécheresse peut profiter des avantages que procure l'emploi d'outils en lien direct avec la téledétection et le système d'information géographique (SIG), en particulier:

- information météorologique géoréférencée;
- information agronomique;
- estimations de la production;
- prix des produits alimentaires;
- disponibilité des ressources en eau et en terres;
- degré de vulnérabilité.

La mise en place d'un système d'alerte précoce à la sécheresse (SAPS) à l'échelle régionale peut bénéficier des travaux déjà effectués dans la région pour la production et la validation d'un ensemble d'indicateurs spécifiques de suivi de la sécheresse utilisant la téledétection, tels que:

- indicateurs biophysiques par téledétection, NDVI, MSAVI, Albédo, température de surface;
- indicateurs agrométéorologiques, SPI, température, évapotranspiration de référence, index de stress hydrique de cultures;
- indicateurs hydrologiques, niveau d'eau dans les barrages, etc.

2.3.6. Les assurances contre les risques de sécheresse

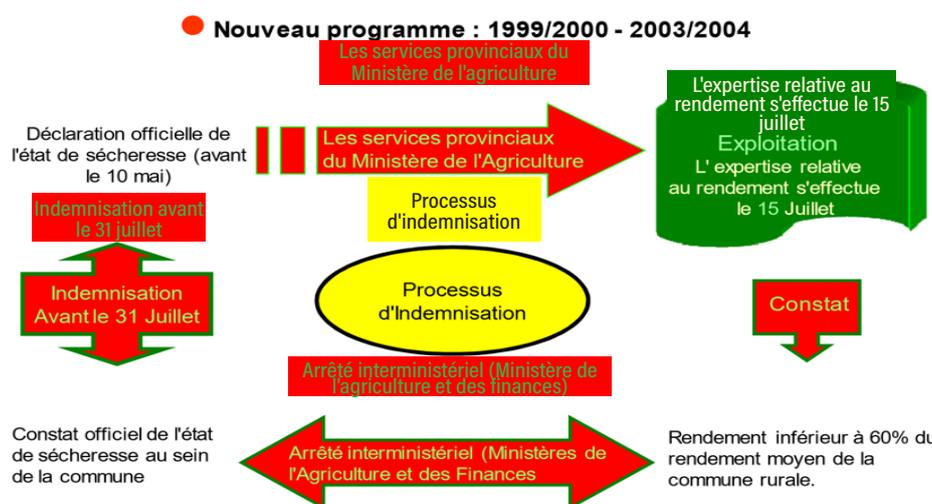
Les assurances contre les aléas climatiques, surtout dans une région soumise fréquemment à des sécheresses, sont un sujet complexe qui a toujours recours à l'implication des pouvoirs publics et à leur soutien. Outre l'assurance classique (systèmes d'assurance par indemnisation qui repose sur un sinistre mesurable), l'assurance indicielle (assurance paramétrique ou indexée) est un instrument de gestion des risques en cas de catastrophe, conçu pour protéger les petits exploitants agricoles contre les pertes catastrophiques. Le dédommagement au titre d'une assurance indicielle repose sur la valeur d'un indice, seuil fixé sous lequel l'assureur dédommage l'assuré. Cet indice peut être direct (basé sur un rendement moyen par zone (rendement de référence) ou sur un revenu moyen, les superficies, etc.) ou indirect (basé sur un indice climatique, SPI ou autre).

De ce fait, face aux risques de sécheresse, la stratégie d'assurance qui consiste à agir en prévention à l'aléa climatique sur des systèmes maîtrisés (irrigués par exemple) n'est pas toujours considérée dans ce cas d'assurance contre la sécheresse.

La stratégie d'assurance consiste à maîtriser le risque lié à un aléa climatique (sécheresse dans ce cas) et à compenser ou indemniser a posteriori la perte de revenu liée à la diminution de la production (en quantité ou qualité) du fait de ce phénomène naturel. Le mécanisme d'indemnisation privé, à l'instar de l'assurance agricole indicelle (climatique), assure jusqu'à un certain niveau de dégâts et ne couvre pas une majorité d'agriculteurs, éleveurs ou pasteurs qui n'y ont pas accès. Le recours à une intervention publique pour atténuer les effets de cet aléa à travers la procédure de compensation est très fréquent, sinon de rigueur, dans les pays du Maghreb. Sur ce plan financier de la résilience à la sécheresse, des efforts restent à déployer, y compris dans un cadre régional, comme c'est aujourd'hui le cas des compagnies d'assurance régionales et des banques.

L'expérience de référence est celle de la Mutuelle agricole marocaine d'assurance (MAMDA) du Crédit agricole (CAM) au Maroc. L'assurance indexée offre une garantie sur les productions céréalières en zones favorables et intermédiaires contre les risques de sécheresse, sur la base d'un indicateur de sécheresse météorologique, lorsque l'indice de précipitations normalisé (SPI), calculé pour chaque zone de référence, est inférieur aux seuils SPI garantis. La figure 27 donne un exemple de l'institutionnalisation de l'indemnisation après coup, qui fait partie d'un programme de résilience à la sécheresse.

Figure 27. Organisation de l'indemnisation a posteriori au Maroc



Source: élaboré par les auteurs.

2.3.7. Aide à la décision: systèmes d'information et plateformes digitales

Malgré les efforts consentis par plusieurs institutions nationales dans les pays pour la mise en place de dispositifs de collecte et de traitement des données sur la sécheresse, le renforcement par des données pertinentes à même d'éclairer les processus de prise de décision demeure une priorité. Une base de connaissances autour des enjeux cruciaux de la dégradation des ressources naturelles (eaux, terres, systèmes de production) due à la sécheresse ne peut être viable que si elle est alimentée et mise à jour régulièrement, dans chaque pays et au niveau régional, à travers des technologies disponibles (spatiales et autres). Ceci favorisera des approches communes et comparables et aidera à alerter puis à décider à travers un système de métadonnées et une base de connaissances régionale. Sans données précises et sans une information appropriée, il est difficile de prévoir, d'anticiper, d'ajuster ou de renforcer les actions en matière d'adaptation ou d'atténuation des effets de la sécheresse.

2.4. NIVEAU RÉGIONAL DES MESURES DE RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

2.4.1. Détermination de l'indicateur SPI

L'alerte précoce à la sécheresse consiste à suivre la progression temporelle et spatiale d'un événement climatique sec, en tirant son importance de l'évaluation des effets et des décisions possibles à prendre en conséquence, pour s'y préparer et les atténuer.

L'indicateur SPI est appliqué pour établir les cartes de sécheresse, avec les index de sévérité et de durée. Cet indicateur a été recommandé par plusieurs auteurs dont l'OMM en 2009 (Hayes, 2011). Il repose sur la déviation standardisée des précipitations par rapport à la moyenne et sur une échelle de sévérité (OMM, 2012) (cf. 1.3.2 sécheresse météorologique).

L'application de cet indicateur requiert une longue série de données pluviométriques géoréférencées, pour établir la carte de suivi de la sécheresse. Des séries chronologiques sur 30 ans, avec des données mensuelles ou trimestrielles, sont préférables (Guttman, 1999). Les mois d'apports pluviométriques dans le Maghreb se situent entre septembre et mai, ce qui correspond aussi à la saison agricole pluviale. Les mois de juin, juillet et août sont ceux où l'espérance d'apports pluviométriques est quasi nulle. Il est entendu que la détermination de l'indicateur SPI se focalise sur les neuf mois d'apports pluviométriques, ce qui est le plus approprié pour les pays du Maghreb.

La valeur de l'indicateur SPI du mois est comparée à celle du même mois les années précédentes déterminée à partir des enregistrements historiques des précipitations, et donne une indication de sa tendance et, donc, de l'événement sec. Sa

caractérisation se réfère aux paramètres suivants:

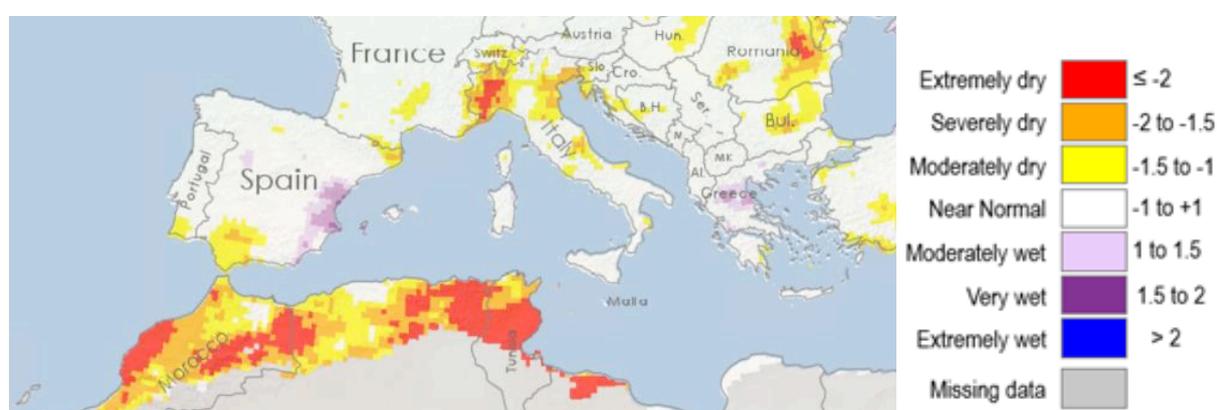
- (i) La durée (Di) de l'événement sec sur la station météorologique i qui commence le mois j quand l'indice SPI est en dessous de -1,0 (en continu) et se termine le mois n lorsque l'indice devient positif.
- (ii) L'amplitude (Ai) de l'événement sec est le cumul des SPI sur toute sa durée.
- (iii) L'intensité (Ii) de l'événement sec est la valeur moyenne de l'amplitude sur toute la durée.

$$A = \sum_j^n SPI$$

Les cartes de sécheresse actualisées au Maghreb qui peuvent être établies à partir de cet indice et d'autre indices composite tel que l'indicateur combiné de sécheresse (CDI) ouvrent la voie à une plateforme régionale d'alerte précoce.

L'indice de précipitation normalisé (SPI) sur une période de deux années se terminant en janvier 2023 montre des anomalies sévères de précipitations négatives aux cours des deux années. Ceci témoigne la longue sécheresse qui s'est installée dans cette région avec des impacts sur les débits des cours d'eau et le niveau des nappes souterraines (figure 27).

Figure 28. Indice de précipitation normalisé (SPI) sur deux ans terminant en janvier 2023



Source: Toreti *et al.*, 2023. *Drought in the Maghreb and Türkiye*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/24467, JRC132915.

2.4.2. Les mesures d'atténuation et d'adaptation

Les réponses d'adaptation ou d'atténuation aux impacts de la sécheresse sont multidimensionnelles. Elles sont de nature politique, faisant d'abord référence aux priorités inscrites dans les stratégies sectorielles des pays, puis légale et institutionnelle, et enfin technique et financière.

Mesures d'atténuation

Le rapport scientifique de la Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse a précisé un ensemble d'impacts de la sécheresse et les mesures d'atténuation possibles. Par exemple (tableau 18):

Tableau 18. Impacts et principales mesures d'atténuation proposées

Impact	Mesures d'atténuation
Agriculture pluviale Diminution des rendements	Importation, amélioration des pratiques culturales, choix de cultures adaptées à la sécheresse.
Ressources en eau Pénurie	Sources d'eau complémentaires, exploitation des réserves souterraines, règles de restriction des demandes en eau, élaboration d'un plan de sécurité de l'approvisionnement en eau pour toutes les zones rurales et urbaines pendant les périodes de sécheresse.
Agriculture irriguée Diminution des ressources en eau (quantité et qualité) Diminution des rendements	Rationnement de l'eau, transferts d'eau, choix de cultures adaptées à la sécheresse.
Elevage et pastoralisme Maladies du troupeau, mortalité	Réduction des troupeaux, distribution d'aliments, déplacement des troupeaux.

Source: FAO, 2013.

Ces mesures d'atténuation, rapportées aux pays du Maghreb, montrent l'importance de la sauvegarde des équilibres des systèmes socioculturels et des ressources naturelles. Les réponses à la sécheresse sont vues du côté technique, à long et à court terme (addition de nouvelles ressources en eau, transferts interbassins pour la conjoncture, gestion de la demande, gestion communautaire). Les choix des pays du Maghreb se sont concentrés également sur les mesures à court terme, afin de gérer et d'atténuer les effets de la crise. En particulier, les mesures comportent:

- i.** la priorité à l'alimentation en eau potable en puisant de l'eau souterraine, par des citernes d'eau et, récemment, par le dessalement de l'eau saumâtre à partir de micro stations;
- ii.** la protection des petits agriculteurs et éleveurs les plus vulnérables par des aides financières;
- iii.** les subventions pour l'alimentation du cheptel et la gratuité des soins vétérinaires;
- iv.** la priorité de l'irrigation pour la sauvegarde de l'arboriculture;
- v.** l'ouverture de l'importation aux produits de première nécessité;
- vi.** le report des remboursements des crédits agricoles;
- vii.** l'approvisionnement en eau et en fourrages pour les éleveurs nomades ou en transhumance;
- viii.** la création de postes de travail temporaires dans les chantiers ouverts pour la circonstance, dans le bâtiment et la maintenance des infrastructures.

Derrière les choix techniques, l'effort institutionnel et le cadre légal ou le Code des eaux et des sols sont venus appuyer la mise en œuvre.

Mesures d'adaptation

Les pays du Maghreb ont mis en place, depuis des décennies et en particulier après leur indépendance, d'ambitieux programmes d'adaptation à la sécheresse, en vue de renforcer la résilience par le développement et la mobilisation des ressources en eau ainsi que leur gestion durable et efficiente dans des secteurs clés tels que la desserte de l'eau potable et l'agriculture.

Ces mesures représentent d'importants investissements qui nécessitent un temps long pour les études et la concrétisation sur le terrain, contribuant à plus de sécurité surtout pour l'eau potable et la production agricole en temps de sécheresse. Voici les principales politiques d'adaptation aux sécheresses structurelles dans le Maghreb, permettant d'augmenter la résilience des pays tout en développant des secteurs de production comme l'irrigation ou en garantissant l'eau potable chez les citoyens:

- (i)** grands barrages à gestion interannuelle;
- (ii)** réseaux de transfert entre bassins hydrologiques;
- (iii)** politique de gestion durable de l'eau souterraine et de développement de forages profonds à grande capacité;
- (iv)** mesures de recharge artificielle des nappes menacées;
- (v)** politique de gestion conjuguée eaux de surface et eaux souterraines;
- (vi)** politique de récolte des eaux de surface et des lacs collinaires;
- (vii)** développement de périmètres irrigués à petite et à grande échelle garantissant un seuil minimal de production lors des périodes sèches;
- (viii)** réutilisation des eaux usées traitées principalement pour la production agricole, en particulier fourragère, et pour maintenir le potentiel de l'élevage;
- (ix)** dessalement des eaux saumâtres et développement du nexus énergie solaire-agriculture;
- (x)** desserte en eau potable et points d'eau pour l'abreuvement dans les zones de transhumance et de parcours;
- (xi)** économie d'eau pour les usages agricoles, en prenant en considération les grandes quantités d'eau consommées par le secteur agricole;
- (xii)** recherche génétique pour les variétés résistantes à la sécheresse;
- (xiii)** initiation d'une politique de développement du digital dans les programmes d'alerte précoce et de résilience à la sécheresse.

Malgré tous ces efforts dans les stratégies sectorielles et les plans de développement pour atténuer les effets ou s'adapter à la sécheresse, la politique des institutions dans la gestion des sécheresses doit être renforcée pour être plus proactive. Elle a besoin de dépasser la gestion pendant et après la sécheresse, avec son lot de mesures d'urgence et d'atténuation des impacts. De ce fait, les appuis financiers et matériels pèsent souvent sur les finances des États.

Il n'est pas observé de cadre institutionnel renforcé, dédié en permanence à la gestion de la sécheresse et dont les activités continues montrent la place que représente la politique de l'eau, des sols, des assurances ou autres secteurs connexes à la question. Le cadre de lutte contre la désertification et celui plus récent qui concerne l'intérêt porté aux changements climatiques et aux objectifs de développement durable à l'horizon 2030 ont remis d'actualité ce problème aigu de la sécheresse et ses effets.

La conjonction d'efforts techniques et scientifiques permettant d'appréhender le phénomène de sécheresse à l'échelle régionale est très utile pour aider à décider au niveau de chaque pays, et pourrait être efficace et donc souhaitée.

En effet, le développement socioéconomique au Maghreb est en train de susciter plus de demandes en eau et la sécheresse pèse de plus en plus sur les activités sociales et économiques. L'étude de la sécheresse à l'échelle transfrontalière et régionale (trois pays du Maghreb: Algérie, Maroc et Tunisie) menée par l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) et intitulée Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb (OSS, 2008), a donné un premier éclairage sur l'opportunité de la démarche régionale dans l'alerte précoce à la sécheresse, et a même produit pendant un moment un prototype de bulletin d'alerte précoce.

L'action menée au Maroc avec l'appui de l'IAV Hassan II et du Ministère de l'agriculture a donné lieu à la définition de zones agroécologiques et météorologiques faisant l'objet d'un suivi basé sur des indicateurs de vulnérabilité donnant lieu à un bulletin.

La méthodologie suivie par l'OSS pour l'alerte précoce à la sécheresse a le mérite d'être expérimentée en même temps sur les trois pays maghrébins, et a surtout mis l'accent sur les difficultés d'exécution sur le terrain et les limites de la pérennité.

Cette méthodologie s'appuie sur un zonage dans les régions, dont le moteur principal est la base de données physiques et socioéconomiques disponibles à recueillir sur le terrain, et en particulier:

- les ressources en eau;
- les ressources en terres et la couverture végétale;
- les pratiques agroécologiques;
- la démographie et la formation sociale;
- les principales activités économiques;
- l'historique des sécheresses, de leurs impacts (santé humaine, productions agricoles, cheptel, santé végétale et animale), et des comportements socioéconomiques.

Ceci permet d'évaluer le degré de risque et de vulnérabilité, ainsi que des mesures d'atténuation empiriques suivies par les populations.

Cette caractérisation des zones agroécologiques permet de définir des indicateurs de suivi de la sécheresse corrélés aux impacts générés (exemple l'indice SPI qui marque un déficit pluviométrique par rapport à la moyenne et qui peut être corrélé aux rendements agricoles des cultures pluviales). Ceci va permettre de caractériser une sécheresse et son degré de sévérité en vue de l'alerte précoce et de s'y préparer.

Les rapports de l'OSS de 2008 et 2013 mettent l'accent sur l'échelle régionale de la sécheresse, la nécessité de coordination et d'échanges techniques et scientifiques spécifiques à la sécheresse, notamment sur les données issues des observations des stations météorologiques locales et de terrain, ainsi que dans l'alimentation des indicateurs en données actualisées pour le suivi et la prévision.

Les défis énumérés dans l'étude de l'OSS (2013) dans la région du Maghreb se résument essentiellement aux points suivants:

- (i) L'approche de la gestion de la sécheresse est encore dominée par des mesures réactives.
- (ii) Il faut renforcer la concertation entre les acteurs de la gestion de la sécheresse, d'autant plus que le cadre de décision est clair (le Ministère de l'agriculture en général).
- (iii) Une coordination et des échanges de données ou d'informations sont nécessaires entre les services au niveau de la zone concernée et parfois national.
- (iv) Les indicateurs de caractérisation de la sécheresse et de sa progression ne sont pas testés ni valides, qu'il s'agisse des indicateurs météorologiques, hydrologiques, agricoles ou socioéconomiques.

Ces défis majeurs touchent à ce qui est essentiel dans la gestion des sécheresses: la disponibilité et l'échange périodique de données et l'efficacité et la pérennité de l'action sur le terrain.

Un travail de concertation, d'échange et d'organisation entre les différents acteurs qui interviennent dans le cycle de gestion de la sécheresse est nécessaire et doit être institutionnalisé, ce qui n'est pas le cas malgré des efforts déployés dans les groupes de travail thématiques de l'UMA (groupe sur la lutte contre la désertification). Cette opportunité régionale nécessite d'abord l'appui des acteurs nationaux et une politique régionale concrète pour faire face aux effets de la sécheresse. L'existence d'un cadre politique et institutionnel régional dédié à la sécheresse est primordiale.

Les diverses expériences internationales renseignent, selon leur contexte et de manière relative, sur les bonnes pratiques et sur l'opportunité d'une vision et d'un programme régionaux de résilience qui devront:

- (i) plaider pour placer la gestion et la résilience à la sécheresse au sommet des priorités de l'agenda national et régional maghrébin;
- (ii) parvenir à l'harmonie entre les partenaires sur les questions de prévision, d'indicateurs de la sécheresse, d'alerte précoce et de préparation, et fournir une plateforme pour une collaboration plus étroite en matière de résilience à la sécheresse;
- (iii) mobiliser des ressources;
- (iv) partager les informations et les connaissances en temps opportun;
- (v) renforcer les capacités à tous les niveaux du processus de gestion de la sécheresse.

Le rapport du GIEC (GIEC, 2023) donne la voie pour faciliter les actions de résilience à la sécheresse à tous les niveaux de décision et de mise en œuvre (figure 28).

Figure 29. Principales composantes pour une action effective



Source: GIEC, 2023.

2.4.3. Analyse factuelle des mesures appropriées et des défis

Des mesures appropriées face à la sécheresse

Les mesures prises face à la sécheresse sont mises en œuvre à l'échelle du territoire ou du bassin hydrologique. Elles sont à moyen et long terme (stratégiques), à court et moyen terme (tactiques) et à très court terme (urgence). La faisabilité des solutions d'urgence apportées dépend plus particulièrement de la disponibilité de services d'appui local (depuis les réparateurs de pompes pour irriguer ou pour renforcer une alimentation en eau potable d'un groupe ou d'une communauté, jusqu'aux services financiers de crédits de soutien dans les banques pour les plus vulnérables).

Les mesures stratégiques dans les pays de l'UMA nécessitent une reconnaissance politique plus forte de la sécheresse, en tant que phénomène climatique et hydrologique, social et économique, structurel, présent dans les plans de développement des pays, lorsqu'on traite les changements climatiques, la gestion des ressources naturelles et l'éradication de la pauvreté. La gestion des pénuries en eau, terres et productions est d'actualité. Les impacts des sécheresses peu sévères dans le passé sont aujourd'hui fortement ressentis. Il est important dès lors de renforcer le côté stratégique des politiques qui touchent à la sécheresse, comme auparavant les projets structurants de la politique des grands barrages à usage interannuel en Tunisie, Algérie et Maroc ou la politique de grands transferts en Libye, ou celle des points d'eau dans les parcours et des périmètres irrigués en Mauritanie, le long du fleuve Sénégal.

Les mesures stratégiques ne peuvent être conçues ou prises en pleine crise de sécheresse, et nécessitent un temps préalable à leur préparation, pendant les années humides précédant un cycle sec. Elles nécessitent, d'une part, un cadre national institutionnel spécialisé dédié pour la prévision et l'alerte précoce, pour l'aide à la décision et le renforcement de la résilience à la sécheresse et, d'autre part, un cadre institutionnel régional de coopération qui rassemble, pour les mêmes objectifs nationaux, les pays vivant les mêmes phénomènes climatiques.

Sur le plan stratégique, en plus des politiques de grandes infrastructures comme les barrages, les actions de résilience orientées vers la petite échelle familiale ou communautaire sont d'actualité. Citons, par exemple, la récolte des eaux de surface et le pompage solaire minimisant le recours à l'hydroélectricité, l'irrigation déficitaire à petite échelle et le développement de ressources en eau non conventionnelles autour des grandes villes.

Les mesures tactiques sont prises lorsque l'alerte précoce de sécheresse est déclarée. Elles sont réalisables grâce aux mécanismes de résilience à la sécheresse mis en place (cadre légal, institutionnel, arbitrage, infrastructures, quotas et rationnement de la distribution d'eau, quotas et rationnement de l'accès aux pâturages et parcours, usage des eaux usées traitées, contrôle de l'exploitation des ressources en eau souterraines, pompage réglementé, utilisation de l'énergie solaire, tarification révisée, etc.).

Les pays de l'UMA disposent d'une bonne expérience enrichie à chaque nouvelle sécheresse mais le contexte évolue rapidement (mutations sociales, changements climatiques et naturels) et des directives générales et un guide de procédure pourraient être établis et actualisés périodiquement.

Les mesures d'urgence sont rendues nécessaires par les forts impacts et appellent à une intervention immédiate comme le montre l'exemple du tarissement des sources d'eau qui desservent les populations (le cas de la Tunisie en 2015 ou de la Mauritanie en 2017-2018), et le recours à l'alimentation en eau potable des communautés rurales avec des citernes. Une stratégie adéquate et un plan préétabli de résilience à la sécheresse (renforcement des actifs actuels, programmes de vaccination du bétail, fourniture d'aliments complémentaires, réhabilitation des points d'eau sur les parcours, accès aux crédits d'urgence, relance d'une campagne de semis) sont nécessaires et serviront à minimiser l'ampleur des mesures d'urgence.

Des défis à relever

Les expériences de gestion des sécheresses au Maghreb sont très liées aux contextes des pays mais le principe consiste à se reposer sur des piliers politiques, financiers, scientifiques, technologiques, institutionnels et juridiques. Le rôle des mécanismes de coordination efficaces est important. La gestion du risque englobe la prévision et l'estimation du degré de vulnérabilité des biens et des humains. Cette vulnérabilité peut être réduite, et par conséquent le risque, par l'alerte précoce, la préparation et un programme de résilience qui permettent d'éviter la crise, d'accélérer le retour à l'état normal et de réduire le coût de gestion de l'événement.

Dans les pays membres de l'UMA, il existe des points forts et il subsiste quelques handicaps qui entravent l'efficacité face à la sécheresse, en particulier les points suivants:

- Une politique et un mode de gouvernance propres à la gestion de la sécheresse (sauf, relativement, en Mauritanie): même dans certains codes des eaux, la question de la sécheresse est prise en compte soit dans l'approche de la lutte contre la désertification, soit dans le chapitre des changements climatiques.
- Une efficacité institutionnelle: plusieurs acteurs sont concernés par la réponse à la sécheresse et l'harmonisation et la cohérence sont nécessaires, surtout lorsque la réponse est urgente. Il y a besoin d'une vision et d'une stratégie toutes deux dédiées à la prévision et à l'alerte précoce, besoin aussi d'un programme de résilience et de manuels de procédures opérationnelles. Il y a lieu de considérer aussi qu'un phénomène climatique qui survient hors des frontières des pays est susceptible de renseigner sur la vraisemblance d'un événement climatique dans le pays (activités météorologiques), et d'aider à prévoir à pas de temps raisonnable pour se préparer à une éventuelle sécheresse.
- Des éléments d'aide à la décision: il s'agit de quantifier des indicateurs de sécheresse fiables et de communiquer des cartes d'alerte précoce, géoréférencées et à pas de temps courts (semaine, décade). Il s'agit d'un effort régional qui enrichit la connaissance du pays sur ce qui est susceptible de se produire avec la sécheresse et qui permet des économies d'échelle.

- Des données et informations spatialisées et actualisées: elles sont le fondement de la mise en place d'indicateurs de la sécheresse, fiables et valides localement, pour aider à décider et surtout aider à exécuter les plans de sécheresse. Ces indicateurs ont été développés dans les différents pays du Maghreb, à l'occasion de recherches ou d'études locales, ou de rapports d'instances spécialisées, mais n'ont pas eu de suite faute d'un système d'aide à la décision effectivement adopté par les décideurs. Il n'y a pas d'appropriation dans un circuit de décision des outils disponibles pour appréhender la sécheresse, sauf pour la gestion des grands stocks d'eau interannuels ou la planification des terres pour les cultures stratégiques.
- Un système de suivi permanent et continu des conditions de sécheresse pour disposer d'indices ou indicateurs sur le degré de sévérité d'une sécheresse et sa caractérisation (probabilité d'occurrence, vulnérabilité générée), présentés sous formes de cartes mises à jour et de bulletins d'information au niveau régional (Maghreb), national et au niveau des territoires et unités hydrologiques.
- L'information des citoyens, des communautés et des agriculteurs et éleveurs sur les stratégies intégrées de résilience à la sécheresse et les mesures d'accompagnement, pour que les communautés s'approprient le plan de réponse à la sécheresse.
- Le renforcement des capacités humaines et la mobilisation des ressources financières sont la clé de voûte d'un plan de résilience à la sécheresse.

vLa recherche scientifique et l'intégration technologique sont des piliers, que ce soit pour la prévision, l'alerte précoce, ou pour les programmes de résilience.

Un certain nombre d'interrogations socioéconomiques demeurent pour appréhender de manière intégrée la gestion de la sécheresse:

- Le modèle de développement déployé dans une grande partie des territoires des pays du Maghreb, basé essentiellement sur l'agriculture pluviale et l'élevage sur les terres de parcours, est-il durable au vu des impacts des sécheresses récurrentes, dans un contexte de changements climatiques? Cette question se pose de plus en plus dans les pays concernés. Le secteur agricole pluvial traditionnel peut-il rester le principal pourvoyeur de richesses et d'emplois, surtout pour une jeunesse de plus en plus urbanisée et diplômée?
- Le secteur agricole, qui dépend de la pluviométrie, de la disponibilité des ressources en eau, des changements climatiques et d'autres facteurs incertains et erratiques, appelle à d'autres approches de la gestion des sécheresses. Elles vont au-delà des programmes d'urgence et touchent à la diversification des revenus des familles et à la mise en place de nouvelles plateformes économiques et financières, nécessitant une solide intégration technologique et l'encouragement de petites et moyennes entreprises. Il faut pouvoir transformer cette faiblesse en opportunité relative et à petite échelle. Comment? Et sur cette base, que peut apporter le secteur privé et comment bâtir un partenariat, pour appuyer d'une part la résilience à la sécheresse, et d'autre part découpler le secteur de l'agriculture et de l'élevage de la sécheresse?

La stratégie de résilience à la sécheresse pourrait trouver des opportunités dans la contribution du secteur privé à différentes activités comme la diversification des activités, la valorisation des chaînes de valeur agricole, la création de services et de plateformes de commerce élargies à la région du Maghreb, afin d'appuyer la résilience à la sécheresse.

2.4.4. Analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces)

Tableau 19. Analyse SWOT de la résilience à la sécheresse au Maghreb

Forces	Faiblesses	Opportunités	Menaces
<p>Cadre politique</p> <ul style="list-style-type: none"> Les pays de l'UMA adhèrent à un élan international dans le cadre des changements climatiques. Ils disposent d'un ensemble de politiques et de stratégies nationales qui traitent du risque des changements climatiques, de l'adaptation et de l'atténuation de ses effets. La sécheresse est un risque climatique. Il existe un cadre onusien (CNUCLD) et des programmes d'action nationale pour lutter contre la désertification et atténuer les effets de la sécheresse. <p>Les pays disposent de politiques sectorielles dont certains chapitres sont liés au soutien des populations vulnérables et de plans d'action pour l'éradication de la pauvreté et la relance économique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Absence de reconnaissance de la sécheresse, en tant que fait structurel, dans les plans de développement et les budgets des États. Absence de politique nationale et régionale spécialement dédiée à la sécheresse (sauf dans le cas de la Mauritanie). Politique de coordination parfois inadéquate entre décideurs, partenaires, opérateurs et acteurs locaux. Absence de stratégie pour l'appropriation locale, qui reste insuffisante pour les initiatives de résilience à la sécheresse, en dehors des programmes d'urgence. 	<ul style="list-style-type: none"> Renforcer les politiques de résilience à la sécheresse dans les pays. Placer la sécheresse au centre des priorités de développement durable et de réduction des risques. Initier l'élaboration d'une politique régionale pour la résilience à la sécheresse. Optimisation de l'usage des ressources naturelles et durabilité des systèmes socioéconomiques et culturels dans la région. 	<ul style="list-style-type: none"> Conflits locaux aigus sur les ressources en eau et en terres, y compris transfrontalières. Attitude conservatrice possible parmi les pays sur la coopération régionale.
<p>Cadre institutionnel et mécanisme de coordination et de financement</p> <ul style="list-style-type: none"> Existence de structure nationale de décision (Ministère), responsable de la mise en œuvre du plan d'urgence et d'atténuation des effets de la sécheresse. Cadre national de coordination transversale de la gestion des plans d'urgence (comités de gestion de crises et ORSEC pour les inondations). Accès au financement des activités d'adaptation et d'atténuation (infrastructures eau et sols, droit foncier des terres, recherche adaptative à la sécheresse (génétique des plantes) et de gestion de crise liée à la sécheresse, dans le cadre de la politique de réduction des risques et des effets des catastrophes. 	<ul style="list-style-type: none"> Souvent, possibilité d'opérer uniquement en réaction à une crise en raison des ressources limitées pour soutenir les structures institutionnelles dans leurs programmes de résilience à la sécheresse. Faible capacité institutionnelle (se référer toujours aux instances de décision) et coordination institutionnelle inefficace des initiatives nationales et régionales de réduction des risques de sécheresse. Coordination intersectorielle parfois non harmonieuse, lors de l'action sur le terrain et manque de soutien législatif. Pas de continuité dans l'approche du risque ou les rôles des parties prenantes impliquées dans la gestion de la sécheresse ne sont pas définis de façon institutionnelle. Circulation inadéquate des informations d'alerte précoce en cas de sécheresse et moyens limités de diffusion dans les régions les plus reculées. Il n'existe pas de ligne budgétaire dédiée à un phénomène climatique devenu structurel (la sécheresse), dans le budget national pour la gestion systémique de la sécheresse. Financement: de plus en plus, les effets dus à la sécheresse suggèrent de plus grands efforts de financement. Concentration sur la réaction plutôt que sur la gestion proactive de la sécheresse. 	<ul style="list-style-type: none"> Un cadre spécialisé pour la résilience à la sécheresse, institutionnalisé et où les rôles de chaque acteur institutionnel et comité national sont précisés. Meilleure capitalisation des acquis scientifiques et technologiques pour renforcer la résilience à la sécheresse (prévision, alerte précoce, recherche, formation). Intégration des plans de réduction des risques de sécheresse dans les plans de développement national et le cadre budgétaire. Adoption d'une approche systémique multiseCTORielle pour la planification et la mise en œuvre de la réduction des risques de sécheresse et de la gestion durable. Mécanismes de financement spécifiques pour la gestion proactive et pour les urgences. Renforcement de la coordination par des programmes communs de résilience à la sécheresse dans les pays et dans la région. 	<ul style="list-style-type: none"> Perceptions conservatrices des institutions concernant le cadre institutionnel spécialisé, l'échange de données et d'informations sur les tendances climatiques émergentes. Difficultés financières et priorisation. Difficulté de singulariser des mécanismes de financement pour la gestion de la sécheresse, hors programmes d'urgence (excepté les programmes de recherche).

Forces	Faiblesses	Opportunités	Menaces
Capacités de ressources humaines			
<ul style="list-style-type: none"> Le besoin de renforcement des capacités pour être résilient à la sécheresse est objectif dans toute la région du Maghreb. Engagement des pays, des bailleurs de fonds et des agences de développement à soutenir la réduction des risques de sécheresse. Ministères/départements/agences spécialisées (météo) et instituts de recherche dotés de ressources humaines pour la mise en œuvre des programmes de résilience à la sécheresse. <p>Soutien des personnes ressources communautaires qui jouent également le rôle de points focaux sur le terrain.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Absence de programme dédié au renforcement des capacités pour la résilience à la sécheresse dans le contexte local et avec les principaux acteurs et opérateurs. Les fonds financiers alloués existent mais ne sont pas renforcés au regard des menaces de la sécheresse et de ses effets et vis-à-vis de programmes identifiés et planifiés. Le manque de ressources humaines d'encadrement sur le terrain réduit les contributions potentielles pour une coordination et une synergie efficace au niveau local. 	<ul style="list-style-type: none"> Identification et formulation de nouveaux programmes et renforcement des programmes de formation et de vulgarisation existants, avec une orientation sur la résilience à la sécheresse. Identifier et encourager un programme régional de formation, élargie aux acteurs de tous les pays du Maghreb, pour en faire un socle commun de connaissance et de partage des expériences et des bonnes pratiques. <p>Participation et contributions de la communauté à la promotion des services de proximité pour la résilience à la sécheresse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Insuffisance des allocations financières et budgétaires du gouvernement pour faire face au déploiement des ressources humaines dans un objectif de résilience à la sécheresse.
Cadre réglementaire			
<ul style="list-style-type: none"> Les Codes des eaux sont élaborés et mis en place. Des textes réglementaires internes aux départements (Ministères) existent et concernent l'organisation des comités de gestion de catastrophes. 	<ul style="list-style-type: none"> Le cadre légal ne spécifie pas le règlement des conflits sur les ressources naturelles en cas de sécheresse. Les juges n'ont pas de formation sur le contexte détaillé de la sécheresse ni pour l'arbitrage des conflits qui leur sont soumis. <p>Le lien entre les informations d'alerte précoce disponibles et les mesures prises est actuellement faible. Il n'existe pas de cadre légal durable qui implique les jugements .</p>	<ul style="list-style-type: none"> Des directives pour un cadre de responsabilisation, qui identifie le rôle et le devoir de chacun, pour la gestion et la résilience à la sécheresse, et qui complète légalement le Code des eaux. 	<ul style="list-style-type: none"> Contexte culturel, social et physique spécifique, local et diversifié.

2.5. VISION ET ORIENTATION D'UN PROGRAMME MAGHRÉBIN DE RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE

Sur la base de ce diagnostic il est possible d'asseoir les lignes directrices d'une vision et d'un programme d'action régional pour la résilience à la sécheresse entre des pays qui partagent les mêmes défis.

Le comité permanent de lutte contre la désertification et pour la protection de l'environnement et le développement durable de l'Union du Maghreb arabe (UMA) a retenu à l'issue de sa réunion tenue du 23 au 25 novembre 2021 à Tozeur, en Tunisie, la vision maghrébine de résilience à la sécheresse qui vise à «promouvoir des politiques concertées pour la protection des populations et des écosystèmes et le renforcement de leur résilience contre des catastrophes naturelles dans la région du Maghreb, au moyen d'une approche proactive, participative et multisectorielle, combinant l'adaptation aux catastrophes, l'alerte précoce, la préparation, la réponse et l'atténuation de leurs effets, et qui intègre la gestion de la sécheresse aux plans de développement nationaux» (Maki *et al.*, 2021).

Cette vision et les orientations d'un programme régional expriment un souci commun de faire face à la sécheresse et aux changements climatiques dans une démarche proactive et conjointe grâce à :

- La mutualisation des connaissances et des données régionales ayant un impact dans la gestion de la sécheresse dans les pays.
- La production d'indicateurs valides dans les contextes de la région, et de données et d'informations actualisées pour la prévision et l'alerte précoce.
- Un plaidoyer pour la mobilisation des ressources afin de renforcer les programmes de résilience à la sécheresse.

Pour le développement d'un programme de résilience à la sécheresse, tout décideur est en droit de se poser la question de l'opportunité de l'approche régionale pour contribuer à renforcer la résilience à la sécheresse, mais aussi d'envisager des perspectives :

- En quoi une approche à l'échelle régionale de la résilience à la sécheresse peut-elle apporter de la valeur ajoutée par rapport à ce qui existe déjà dans les pays? Il est à noter que les expériences régionales citées font ressortir des résultats concrets au niveau régional et une valeur ajoutée pour les pays.
- Les cartes de prévision actualisées mettent à disposition des agences des pays en charge de l'eau et des terres un état prévisionnel de la sécheresse. Les agences dans les pays peuvent ainsi décider, à l'échelle du bassin par exemple, d'affiner les cartes par des enquêtes, observations et mesures de terrain, pour corroborer ou non la tendance, zone par zone, et décider de lancer ou non les procédures de l'alerte précoce.
- Émettre des alertes périodiques et actualisées.
- Appuyer les agences connectées à la décision sur la sécheresse.
- Renforcer les capacités à tous les niveaux et échanger des bonnes pratiques au niveau régional maghrébin.
- Dans le cas de ressources en eau transfrontalières, appuyer le dialogue et la concertation pour des infrastructures de mobilisation des ressources en eau et le partage de la gestion et des bénéfices qui en découlent pour chaque pays.
- Les conseils à la préparation des plans de résilience à la sécheresse s'adressent aux différents secteurs d'usage de l'eau, des terres et de l'énergie, en particulier des directives communes pour les différents pays: la production agricole et l'élevage, l'eau et l'énergie et l'appui aux plus vulnérables.
- Les exemples de renforcement de la résilience à la sécheresse associant des solutions innovantes sont multiples dans le secteur de l'agriculture et la tendance est à une plus grande digitalisation (usage de capteurs dans le pilotage des irrigations) pour économiser l'eau d'irrigation, au recyclage des eaux usées et des eaux de drainage et au dessalement des eaux saumâtres avec l'énergie solaire.
- Se focaliser sur le capital sol et sur l'agriculture régénératrice est important compte tenu de l'état des sols au Maghreb, soumis à une irrigation intensive ou au phénomène d'appauvrissement et d'érosion. Il en va de l'amélioration de la fertilité des sols comme capital de production et de la diversification des activités agricoles (transformation) afin de réduire l'effet des sécheresses et du manque d'eau sur le niveau productif des sols.
- Une nouvelle tendance est l'installation de cultures aquaponiques et hydroponiques, qui permettent une plus grande intensification des cultures (verticales) sur une plus petite superficie, à travers une combinaison de l'aquaculture et de la culture des plantes (en général des cultures de rente) hors sol. Le résultat est une production diversifiée et intensive et une réduction importante de la consommation en eau par rapport à l'emploi des techniques traditionnelles agricoles (FAO, 2020).

Ainsi un programme régional d'actions à promouvoir pour la résilience proactive à la sécheresse inclurait comme priorités: la mise en place d'un système de suivi et d'alerte précoce à la sécheresse; l'évaluation et le renforcement des procédures de la préparation et réponse; la mobilisation des ressources pour des actions inter pays; le partenariat public-privé pour les assurances face à la sécheresse.

La coopération régionale pour la résilience à la sécheresse entre les pays du Maghreb est favorisée par une même culture et comportement de la société vis-à-vis de l'événement et les mêmes caractéristiques climatiques, écologiques et naturelles. Ceci permet d'examiner des méthodologies et des normes communes et en cohérence avec le contexte régional et d'éviter les confusions des plans d'urgence, fort coûteux lorsque le risque de sécheresse se transforme en crise. Il y a moyen de capitaliser sur ce qui est commun aux pays en respectant les spécificités de chacun en ce qui concerne la résilience à la sécheresse.

Cette coopération régionale pour la résilience à la sécheresse est possible grâce à l'excellence des instituts de recherche, en particulier pour l'eau, les sols, l'énergie, l'agriculture et la recherche médicale et vétérinaire, orientée notamment vers les

maladies en relation avec la sécheresse et le manque d'eau. Les capacités humaines de la région sont excellentes et d'un niveau international indéniable.

En général, la coopération entre les pays de l'UMA est stimulée par des fonds extérieurs (agences des Nations Unies, coopérations régionales et bilatérales) et le cadre de coopération régional pour la résilience à la sécheresse reste modeste. Les innovations scientifiques et technologiques pour atténuer la sécheresse, en particulier, sont toujours présentes mais dispersées et certaines ne sont pas valorisées pour l'application par les acteurs, non impliqués dans ce processus en général.

Mais l'expérience des pays en matière d'innovations pour l'adaptation et pour l'atténuation des sécheresses est excellente et importante. Par exemple, la recherche en génétique des céréales et autres cultures résistantes à la sécheresse fait la fierté de la recherche agronomique des pays du Maghreb. Il en va de même pour les techniques de récolte des eaux de surface et la conservation des eaux et des sols, qui tirent leurs enseignements de plusieurs siècles d'adaptation dans l'ensemble du Maghreb. Capitaliser sur ces acquis conjointement avec un effort régional serait un levier de transformation de l'attitude à avoir face à la sécheresse, et même aux changements climatiques.

3 CONCLUSION

La conférence sur l'eau des Nations Unies de mars 2023 et les rapports du GIEC confirment la persistance des changements climatiques dans le monde et dans la région du Maghreb en particulier, amplifiant ainsi la fréquence et la sévérité des événements climatiques extrêmes et surtout la sécheresse. Un réchauffement climatique de +2 °C est plus probable vers la fin des années 2030 que celui de 1,5 °C prévu en 2013 (GIEC, 2023). Les pays du Maghreb vivent depuis 2015 des séquences sèches importantes avec des impacts ressentis surtout par le secteur agricole et par les communautés et les personnes les plus vulnérables. La mise en place de rationnement d'eau et de restrictions dans certaines capitales et villes du Maghreb indique que l'impact de la sécheresse est en train de s'étendre à toute les couches de la société.

De ce fait, une vision régionale de résilience à la sécheresse peut être portée par la grande expérience des pays du Maghreb en matière de gestion des ressources naturelles, en particulier les ressources en eau et en terres, dans des conditions de rareté et de sécheresses récurrentes. Les pays et les communautés ont amélioré leurs capacités adaptatives et développé depuis des siècles des solutions résilientes, notamment à petite échelle, pour maîtriser les aléas des ressources naturelles, et pour garantir un minimum d'autosuffisance alimentaire (en particulier à travers la collecte des eaux de surface, l'exploitation des puits et des points d'eau, l'aménagement des terres, la petite irrigation et l'abreuvement, et la diversification des moyens de subsistance).

Le développement de la «grande hydraulique» a apporté une certaine assurance mais cette dernière est mise à dure épreuve dans les conditions actuelles d'accroissement de la demande en eau et en terres fertiles, pour différentes raisons (démographie, niveau de vie). Cette fragilité des systèmes hydrauliques est exacerbée par la limite du temps de mise en service (sédimentation), par les effets des changements climatiques et par la récurrence des sécheresses.

Ces facteurs de risque de sécheresse ont une échelle régionale et les pays du Maghreb doivent pouvoir tirer parti ensemble des opportunités qui s'offrent à eux: des capacités humaines et institutionnelles, une grande expérience d'adaptation et des ressources énergétiques solaires potentielles.

Un programme régional de résilience à la sécheresse et de renforcement de programmes nationaux a comme principe une approche proactive et préventive de la gestion des risques. Il s'appuie sur des actions conçues à l'avance, avec des outils de prévision et d'alerte précoce, et des outils de planification appropriés, soutenus par la participation des acteurs, y compris institutionnels, et le renforcement de leurs capacités. Au niveau du Maghreb, ces recommandations restent encore à mettre en œuvre ou, à défaut, à renforcer.

La limitation à la mise en œuvre de la vision et du programme de résilience à la sécheresse peut être l'absence de politique régionale dans ce domaine et le manque de coordination entre les institutions.

Plusieurs conférences régionales ont souligné et recommandé l'élaboration de stratégies nationales et régionales pour la résilience à la sécheresse et pour renforcer la coordination institutionnelle dans les pays et au niveau régional, notamment en matière de prévision et d'alerte précoce, de formation, de mobilisation de ressources, et d'élaboration d'un plan d'action régional en faveur de la résilience.

Sur la base de l'analyse diagnostic réalisée et des éléments soulignés ci-dessus, une vision et un programme maghrébin de résilience à la sécheresse sont à mettre en œuvre en concertation avec les acteurs nationaux et l'UMA. Trois questions méritent d'être approfondies lors de la concertation:

(i) l'opportunité de renforcer la coordination entre les pays membres de l'UMA, et de développer une stratégie et un programme régionaux communs pour la résilience à la sécheresse (qui et comment);

- (ii) promouvoir et renforcer les plans nationaux de lutte contre la sécheresse, grâce à la coopération régionale (quoi et comment);
- (iii) œuvrer pour une adhésion concrète des pays de la région, pour appuyer l'opportunité d'un renforcement institutionnel régional axé sur la gestion et la résilience à la sécheresse, sur la stratégie régionale et l'appui aux politiques des pays dans la lutte contre la sécheresse.

Le renforcement de la résilience à la sécheresse dans la région du Maghreb entraîne des répercussions directes sur le système social et naturel, qui reviendra à son état stable assez rapidement après les perturbations apportées par des événements secs.

Un programme régional de résilience à la sécheresse est opportun et important, est cohérent avec les plans des pays et peut s'appuyer sur trois piliers:

- (i) la prévision et l'alerte précoce en disposant d'indicateurs régionalisés;
- (ii) la préparation pour une réponse proactive;
- (iii) les actions d'adaptation et d'atténuation des effets de l'événement sec qui nécessitent des plans d'investissement pour le renforcement de la résilience à la sécheresse.

La caractérisation de la sécheresse aidera à saisir sa fréquence, sa sévérité, son intensité, sa durée, ses dates de début et de cessation ainsi que la date de fin des effets et du retour à l'état normal. Le fait de situer le risque de survenue de la sécheresse à partir de ces paramètres permet de dimensionner les actions d'adaptation ou d'atténuation des effets. Beaucoup de travaux de recherche sont publiés mais ne sont pas souvent concrétisés dans un programme de résilience régional.

Au niveau international, plusieurs initiatives ont été créées pour renforcer les programmes de résilience à la sécheresse, à l'instar des programmes de la FAO (Main dans la main, Agriculture 4.0, application des technologies digitales). Le renforcement technologique dans le cadre de la gestion proactive de la sécheresse est important (télédétection, traitement des données et cartographie périodique pour l'alerte précoce). À titre d'exemple, la sécheresse aiguë de 2021-2022 qui s'est produite au Maroc a démontré comment l'usage des drones et des images satellites a facilité l'identification et la déclaration de sinistres par la Mutuelle agricole marocaine des assurances (MAMDA) ainsi que le paiement d'indemnisations aux agriculteurs sinistrés.

L'aspect financier de la résilience à la sécheresse est important et s'appuie sur les plans d'assurance, qui ont pour base les indices de sécheresse comme le SPI; il est donc intéressant qu'ils soient régionalisés.

De même, les mesures d'adaptation ou d'atténuation de la sécheresse regroupent les grands travaux hydrauliques (barrages, transferts interbassins, dessalement) mais aussi les travaux de récolte des eaux de surface et les points d'eau. La recherche génétique de variétés résistantes à la sécheresse reste en permanence d'actualité.

Pour tout cela, l'implication et l'organisation des acteurs sont impératives et sont la clé de la réussite de tout plan de résilience à la sécheresse. La réussite des actions d'adaptation et d'atténuation des effets de la sécheresse dépendra de la sensibilisation, de l'éducation et de l'organisation des acteurs, des personnes et des communautés. Un plan de communication et de sensibilisation à la préservation de la ressource et aux bonnes pratiques visant les différentes parties prenantes aidera à renforcer la réponse à la sécheresse (campagnes sur le terrain et sur les réseaux sociaux, affichage dans les lieux de rencontre, messages à la radio).

BIBLIOGRAPHIE

- ABARES (Bureau australien de l'économie et des sciences de l'agriculture).** 2012. *Drought in Australia. Context, policy and management.* Canberra.
- Achite, M., Buttafuoco, G., Toubal, K.A. et Luca, F.** 2017. «Precipitation spatial variability and dry areas temporal stability for different elevation classes in the Macta basin (Algeria)», *Environ. Earth Sci.* 76, 458.
- AFDB (Groupe de la Banque africaine de développement).** 2018. *Profil national de changements climatiques.* Abidjan.
<https://www.afdb.org/fr/documents/t-profil-national-de-changement-climatiques>
- Al Zawad, F.M.** 2014. *Climate change over Saudi Arabia. Drought Monitoring and Early Warning Center Middle East, RDMEC.* Jeddah Regional Climate Center (JRCC).
- AGRHYMET CCR-AOS.** 2023. *Suivi de la campagne agropastorale au Sahel et en Afrique de l'Ouest*, Bulletin mensuel, no 1.
https://agrhymet.cilss.int/wp-content/uploads/2023/08/bulletin_mensuel_Juin_2023.pdf
- Aziz, H., Boughani, M. et Salamani, M.** 2007. «Évolution de la pluviométrie dans quelques stations arides algériennes», *Sécheresse*, vol. 18. 4.314-20.
- Banque mondiale.** 2021. Meta Data Climate Change Knowledge Portal (CCKP). Washington.
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/>
- Barakat, F. et Handoufe, A.** 1998. «Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc», *Sécheresse*, vol. 9-3.
- Blauhut, V.** 2020. «The triple complexity of drought risk analysis and its visualization via mapping: A review across scales and sectors», *Earth-Science Reviews*, vol. 210, 103345.
- Byun, H-R. et Wilhite, D.** 1999. *Daily Quantification of Drought Severity and Duration.* Université du Nebraska, Lincoln (États-Unis).
weather.ou.edu/~spark/AMON/v1_n5/Byun/Byun.html
- Cashman, A., Souvignet, M., Schuster, S. et Zwick, S.** 2018. *Climate Insurance and Water-related Disaster Risk Management.* Global Water Partnership. Stockholm.
https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/11_climate_insurance_perspectives_paper.pdf
- CCR (Centre commun de recherche).** 2022. *Drought in western Mediterranean.* Luxembourg.
https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDO-EDODroughtNews202202_Western_Mediterranean.pdf
- CNULCD (Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification).** 2012. *Désertification: une synthèse visuelle.* Bonn (Allemagne).
catalogue.unccd.int/10_Desertification_FR.pdf
- CNULCD.** 2019. *Plan national sécheresse Algérie. Lignes directrices en vue de son opérationnalisation.* Alger.
- CNULD.** 2021. *Good Practice Guidance for National Reporting on UNCCD Strategic Objective 3: To mitigate, adapt to, and manage the effects of drought in order to enhance resilience of vulnerable populations and ecosystems.* Bonn (Allemagne).
www.unccd.int/resources/manuals-and-guides/good-practice-guidance-national-reporting-unccd-strategic-objective-3#
- CNULCD.** 2023. *Manuel sur la présentation de rapports au moyen du système PRAIS 4.* Bonn (Allemagne).
prais4-reporting-manual.readthedocs.io/fr/latest/index.html
- CNULCD, FAO et OMM.** 2016. *Towards National Drought Policies in Latin America and the Caribbean Region.* Santa Cruz de la Sierra, Bolivie.
knowledge.unccd.int/sites/default/files/2019-04/LAC_drought_white_paper.pdf
- Cook, B.I., Anchukaitis, K.J., Touchan, R., Meko, D.M. et Cook, E.R.** 2016. «Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years», *JGR Atmospheres*, 121, 2060-2074, <https://doi.org/10.1002/2015JD023929>
- Cooley, H., Donnelly, K., Phurisamban, R. et M. Subramanian.** 2015. *Impacts of California's Ongoing Drought.* Pacific Institute, Oakland (États-Unis).
- Damania, R., Desbureaux, S., Hyland, M., Islam, A., Moore, S., Rodella, A.S., Russ, J. et Zaveri, E.** 2017. *Uncharted Waters: The New Economics of Water Scarcity and Variability.* Banque mondiale, Washington.
- David, C.R., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M. et Chivers, C.A.** 2021. «Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet», *Land Use Policy*, vol. 100.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104933>
- Davoudi, S.** 2012. «Resilience: a bridging concept or a dead end?» *Plann. Theory Pract*, 13, 299-305.
<http://dx.doi.org/10.1080/>

- De Nys, E., Engle, N. et Magalhães, A.R.** 2016. *Drought in Brazil. Proactive Management and Policy*. CRC Press, Boca Raton, Floride (États-Unis).
- Dilley, M.** 2005. *Natural disaster hotspots: a global risk analysis* (Vol. 5). Banque mondiale, Washington.
- Elghadi, A. et Ballouche, A.** 2004. «Temps perturbé d'hiver et sécheresse sahélienne», *Noroi* 191, 111-119.
<http://journals.openedition.org/noroi/1182>
- Erian, W., Katlan, B., Assad, N. et Ibrahim, S.F.** 2014. *Effects of drought and land degradation on vegetation losses: in Africa, Arab Region*. Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes, Genève (Suisse).
<https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/bgdocs/Erian%20et%20al.%202014.pdf>
- EDO (European drought observatory).** 2020. *Drought in Europe – September 2020*, Analytical Report.
https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).** 2008a. *The Near East Drought Planning Manual: Guidelines for Drought Mitigation and Preparedness Planning*. Rome.
- FAO.** 2008b. *Water and Cereals in Drylands*. Rome.
<http://www.fao.org/docrep/012/i0372e/i0372e00.htm>
- FAO.** 2011. *Emergency Ministerial-Level Meeting on the Horn of Africa Discusses Response to Crisis*. Rome.
<http://sdg.iisd.org/news/emergency-ministerial-level-meeting-on-the-horn-of-africa-discusses-response-to-crisis/>
- FAO.** 2013. *Mesures recommandées pour une politique nationale de gestion de la sécheresse*. Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse (HMNDP). Document scientifique. Rome.
- FAO.** 2015. *The impact of disasters on agriculture and food security*. Rome.
- FAO.** 2016a. *Drought characteristics and management in the Caribbean*. FAO Water Reports 42. Rome.
- FAO.** 2016b. *Dry Corridor Central America*. Situation Report. Rome.
<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/DryCorridor-SitRepJune2016.pdf>
- FAO.** 2017a. *Drought in the Horn of Africa*. FAO in emergencies. Rome.
<http://www.fao.org/emergencies/crisis/drought-hoa/intro/en/>
- FAO.** 2017b. *The Elimination of Food Insecurity in the Horn of Africa*. Rome.
<http://www.fao.org/docrep/003/x8530e/x8530e00.htm>
- FAO.** 2017c. *Sri Lanka's food production hit by extreme drought followed by floods*. Rome.
<http://www.fao.org/news/story/en/item/897245/icode/>
- FAO.** 2017d. *WASAG – Le Cadre mondial contre la pénurie d'eau dans l'agriculture*. Rome.
<https://www.fao.org/wasag/fr/>
- FAO.** 2018. *Disasters causing billions in agricultural losses, with drought leading the way*. Rome.
- FAO.** 2020. *Chaque goutte compte*. Article en ligne. Rome.
www.fao.org/fao-stories/article/fr/c/1114100/
- FAO.** 2021. *Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2020) rendered by FAO Hand in Hand Geospatial plan*. Rome.
- Folger, P., Cody, B. et Carter, N.** 2017. *Drought In the United States: Causes and Issues for Congress*. Congressional Research Service, Washington.
<https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34580.pdf>
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).** 2013. *Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques*. Résumé à l'intention des décideurs. Genève (Suisse).
- GIEC.** 2023a. *Synthèse du sixième rapport d'évaluation*. Genève (Suisse).
report.ipcc.ch/ar6syrr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- GIEC.** 2023b. *Communiqué de presse sur le Rapport de synthèse*. Genève (Suisse).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2023/03/IPCC_AR6_SYR_PressRelease_fr.pdf
- GIZ (Agence allemande de coopération internationale).** 2020. *Climate Risk Profile Mauritania*. Bonn (Allemagne).
- Gleick, P.H.** 2014. «Water, drought, climate change, and conflict in Syria», *Weather, Climate and Society*, 6(3), 331-340.
- GDO (Observatoire mondial sur la sécheresse).** 2023. *Rapport sur la sécheresse au Maghreb*.
<https://edo.jrc.ec.europa.eu/gdo>

- Harto, C.B., Yan, Y.E., Demissie, Y.K., Elcock, D., Tidwell, V.C., Hallett, K., Macknick, J., Wigmosta, M.S. et Tesfa, T.K.** 2011. *Analysis of Drought Impacts on Electricity Production in the Western and Texas Interconnections of the United States*. Environmental Science Division, Argonne National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (États-Unis).
- Hoddinott, J. et Kinsey, B.** 2001. «Child Growth in the Time of Drought», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 63: 409-436. <https://doi.10.1111/1468-0084.t01-1-00227>
- Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T. et Pegion, P.** 2012. «On the increased frequency of Mediterranean drought», *Journal of Climate*, 25(6), 2146-2161.
- Holling, C. S.** 1996. «Engineering Resilience versus Ecological Resilience» in Schulze P. (dir.), *Engineering Within Ecological Constraints*. National Academy Press, Washington.
- István J. S., Mika, J. et Dunkel, Z.** 2005. «Palmer drought severity index as soil moisture indicator: physical interpretation, statistical behaviour and relation to global climate», *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Vol. 30, Issues 1–3, Pages 231-243.
- Jedd, T., Russell Fragaszy, S., Knutson, C., J. Hayes, M.J., Belhaj Fraj, M., Wall, N., Svoboda, M. et McDonnellal, R.** 2021. «Drought management norms: is the Middle East and North Africa Region managing risks or crises?» *Journal of Environment and Development*, 30(1):3-40. <https://doi.org/10.1177/1070496520960204>
- Khedimallah, A., Meddi, M. et Mahé, G.** 2020. «Characterization of the interannual variability of precipitation and runoff in the Chelif and Medjerda basins (Algeria)», *J Earth Syst Sci* 129:134. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01385-1>
- Majid M. et Lebdi, F.** 2010. «Caractérisation des événements secs dans un bassin du nord de la Tunisie», *IAHS Publ.* 340.
- Majid M. et Lebdi, F.** 2020. «Estimating extreme dry spell risk in Ichkeul Lake Basin (Northern Tunisia): a comparative analysis of annual maxima series with a Gumbel distribution», *IAHS*, 383, 241–248.
- Maki, A., Lebdi, F. et Chakiri, F.** 2021. *Vers une vision maghrébine pour le renforcement de la résilience à la sécheresse*. Note d'orientation politique. FAO, Rome. <https://www.fao.org/3/cb6399fr/cb6399fr.pdf>
- Mannava, V.K. S., Pulwarty, R., Wilhite, D. et Ginnetti, J.** 2011. *Proposed Elements in the Compendium on National Drought Policy*. Drought Mitigation Center Faculty Publications. Université du Nebraska, Lincoln, (États-Unis). <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/81>
- Lambert, M.J., Ruiters, J. et SALEY BANA, Z.** 2019. *Production de biomasse en Mauritanie en 2019, analyses et perspectives pour 2020*. <https://sigsahel.info/wp-content/uploads/2019/10/MRT2019.pdf>
- Martins, J. C., Engle, N. et De Nys, E.** 2015. «Evaluating national drought policies. A comparative analysis of Australia, Brazil, Mexico, Spain and the United States», *CGEE-Parcerias Estratégicas*, Vol.20, 43.
- Masih, I., Maskey, S., Mussá, F.E.F. et Trambauer, P.** 2014. «A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective», *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(9), 3635.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. et Kleist, J.** 1993. «The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology», *American Meteorological Society*, Jan 17-23, 1993, 179-186.
- Mathlouthi, M. et Lebdi, F.** 2007. «Analyse statistique des séquences sèches dans un bassin du nord de la Tunisie», *Hydrological Sciences Journal*, 54:3, 442-455, <https://doi.org/10.1623/hysj.54.3.442>
- Mathlouthi, M. et Lebdi, F.** 2009. «Emploi de la série chronologique des événements secs générés dans l'optimisation de la gestion des barrages», *Hydrological Sciences Journal*, 54:5, 841-851, <https://doi.org/10.1623/hysj.54.5.841>
- Mathlouthi, M. et Lebdi, F.** 2010. *Caractérisation des événements secs dans un bassin du nord de la Tunisie*. IAHS 86-94.
- Mathlouthi, M. et Lebdi, F.** 2015. *Occurrence des événements secs extrêmes dans la basse vallée de la Medjerda (Tunisie)*. INAT, Tunis.
- Mathlouthi, M. et Lebdi, F.** 2020. *Estimating extreme dry spell risk in Ichkeul Lake Basin (Northern Tunisia): a comparative analysis of annual maxima series with a Gumbel distribution*. IAHS, 383, 241-248. <https://doi.org/10.5194/piahs-383-241-2020.2020>
- Mens, M.J.P., K. Gilroy, K. et Williams, D.** 2015. «Developing system robustness analysis for drought risk management: an application on a water supply reservoir», *Natural Hazards and Earth System Science*, 15(8), 1933-1940.
- Michael, H., Svoboda, M., Wall, N. et Widhalm, M.** 2011. «The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended», *Bulletin of the American Meteorological Society* 92(4):485-488.

- Moss, R., van Ypersele, J-P. et Babiker, M.** 2007. *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. GIEC, Genève (Suisse).
- OCHA (Bureau de la coordination des affaires humanitaires).** 2014. *Drought, food insecurity and radicalism in Northern Bangladesh*. <https://reliefweb.int/report/bangladesh/drought-food-insecurity-and-radicalism-northern-bangladesh>
- OCHA.** 2017a. *Europe – Drought Situation – DG ECHO Daily Map*. <https://reliefweb.int/map/world/europe-drought-situation-dg-echo-daily-map-03082017>
- OCHA.** 2017b. *Funds allocated for drought relief in N China*. <https://reliefweb.int/report/china/funds-allocated-drought-relief-n-china>
- OCHA.** 2017c. *South-East Asia: Drought – 2015-2017*. <https://reliefweb.int/disaster/dr-2015-000180-vnm>
- OMM (Organisation météorologique mondiale).** 2012. *Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé*. Genève (Suisse).
- OMM et GWP (Partenariat mondial pour l'eau).** 2013. *Lignes directrices pour une politique nationale de gestion de la sécheresse*. Un modèle d'action. Genève (Suisse).
- OMM et GWP.** 2014. *Programme de gestion intégrée des sécheresses (IDMP)*. Genève (Suisse).
- OMM et GWP.** 2016. *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse*. Genève (Suisse). <https://www.droughtmanagement.info/indices/>
- OMM et GWP.** 2017. *Benefits of Action and Costs of Inaction: Drought Mitigation and Preparedness – a literature review*. Genève (Suisse).
- OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel).** 2008. *Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb*. Tunis.
- Ouatiki, H., Boudhar, A., Ouhinou, A., Arioua, A., Hssaisoune, M., Hafsa Bouamri, H. et Tarik Benabdelouahab, T.** 2019. «Trend analysis of rainfall and drought over the Oum Er-Rbia River Basin in Morocco during 1970–2010», *Arab J. Geosciences* 12:128. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4300-9>
- Ozer, P., Hountondji, Y. C., Gassani, J., Djaby, B. et de Longueville, F.** 2010. *Évolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010)*. Université de Liège (Belgique).
- Qin, N.X., Wang, J.N., Hong, Y., Lu, Q.Q., Huang, J.L., Liu, M.H., et Gao, L.** 2021. «The Drought Variability Based on Continuous Days without Available Precipitation in Guizhou Province, Southwest China», *Water* 2021, 13(5), 660; <https://doi.org/10.3390/w13050660>
- Quijandria, B., A. Monares, A. et de Peña Montenegro, R.U.** 2001. *Assessment of Rural Poverty, Latin America and the Caribbean*. FIDA, Rome.
- Sabri, B., Tourki, M., Merrouche, I. et Bendekiche, H.** 2022. «Geo-statistical assessment of meteorological drought in the context of climate change: case of the Macta basin (Northwest of Algeria)», *Modeling Earth Systems and Environment* 8(13).
- Safar Zitoun, M.** 2006. *Évaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle nationale: cas de l'Algérie*. Observatoire du Sahara et du Sahel, Tunis.
- Sebbar, A., Hsaine, M., Hassan Fougrach, H. et Wadi, B.** 2019. *Caractérisation de la sécheresse climatique au Maroc*. UNESCO, Paris.
- Singh, M., Fotedar, R., Lakshminarayana, J. et Anand, P.** 2006. «Studies on the nutritional status of children aged 0–5 years in a drought-affected desert area of western Rajasthan, India», *Public Health Nutrition*, 9(8), 961-967. <https://doi.org/10.1017/PHN2006993>
- Slik, J.W.F.** 2004. «El Nino droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests», *Oecologia*, 141(1), 114-120.
- Spang, E. S., Moomaw, W.R., Gallagher, K.S., Kirshen, P.H. et Marks, D.H.** 2014. «The water consumption of energy production: an international comparison», *Environmental Research Letters*, 9 (10).
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J.V. et Barbosa, P.** 2015. «The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012», *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 509-524.
- Steffen, W.** 2015. *Thirsty Country: Climate Change and Drought in Australia*. Climate Council of Australia, Potts Point, Australie.
- Traore, S.B., Ali, A., Tinni, S.H., Samake, M., Garba, I., Maigari, I., Alhassane, A. et al.** 2014. «AGRHYMET: A drought monitoring and capacity building center in the West Africa Region», *Weather and Climate Extremes* 3(C):22-30.
- Tsesmelis, D., Karavitis, C., Oikonomou, P., Alexandris, S. et Kosmas, C.** 2019. «Assessment of the Vulnerability to Drought and Desertification Characteristics Using the Standardized Drought Vulnerability Index (SDVI) and the Environmentally Sensitive Areas Index (ESAI)», *Resources* 8, no. 1: 6. <https://doi.org/10.3390/resources8010006>

- Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Arias Muñoz, C., de Jager, A., Di Ciollo, C., Fioravanti, G., Grimaldi, S., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Manfron, G., Masante, D., Mazzeschi, M., Salamon, P., Seguni, L., Spinoni, J.**, 2023. *Drought in the Maghreb and Türkiye*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
<https://doi.org/10.2760/24467>
- UMA (Union du Maghreb arabe)**. 2011. *Programme d'action sous-régional de lutte contre la désertification au Maghreb 2011-2020*. Rabat.
- UNDRR (Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes)**. 2021. *Rapport spécial sur la sécheresse 2021*. Genève (Suisse).
- UNOWAS (Bureau des Nations Unies pour l'Afrique de l'Ouest et le Sahel)**. 2018. *Pastoralisme et sécurité en Afrique de l'Ouest et au Sahel*. Dakar.
- USAID (Agence des États-Unis pour le développement international)**. 2017. *Global Environment Management Support*. Washington.
- Van Vliet, M.T., Sheffield, J., Wiberg, D. et Wood, E.F.** 2016. «Impacts of recent drought and warm years on water resources and electricity supply worldwide», *Environmental Research Letters*, 11(12), 124021.
- Wartenburger, R., Hirschi, M., Donat, M.G., Greve, P., Pitman, A.J. et Seneviratne, S.I.** 2017. «Changes in regional climate extremes as a function of global mean temperature: an interactive plotting framework», *Geosci. Model Dev.*, 10, 3609-3634,
<http://www.drought-heat.ethz.ch/atlas>
- Wilhite, D.A. et Glantz, M.H.** 1985. «Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions», *Water international*, 10(3), 111-120.
- Wilhite, D.A.** 2016. *Drought: A Global Assessment*. Routledge Hazards and Disasters.
<https://doi.org/10.4324/9781315830896>
- Ziervogel, Gina.** 2019. *Unpacking the Cape Town Drought: Lessons Learned*. Université du Cap (Afrique du Sud).
- Safar-Zitoun, M.** 2019. *Plan national sécheresse Algérie, lignes directrices en vue de son opérationnalisation*. UNCCD.
https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan_National_Sécheresse_Algerie_version3.2_déf.300619-3-version-20-12-2019-converti.pdf

**La sécheresse au Maghreb: diagnostic, impacts et perspectives
pour le renforcement de la résilience du secteur agricole**

CORRIGENDUM

18 September 2023

The following corrections were made to the PDF of the report after it went to print.

Page	Location	Text in printed PDF	Text in corrected PDF/ Notes
54	Tableau 19. Analyse SWOT de la résilience à la sécheresse au Maghreb.	The current order of the table columns (threats, opportunities, weaknesses and strengths).	Permutation of the order of the table columns [strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT)].

Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord
Rue du Lac Winnipeg
Les Berges du Lac 1
(+216) 70 145 700
fao-snea@fao.org
<https://www.fao.org>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Tunis, Tunisie

