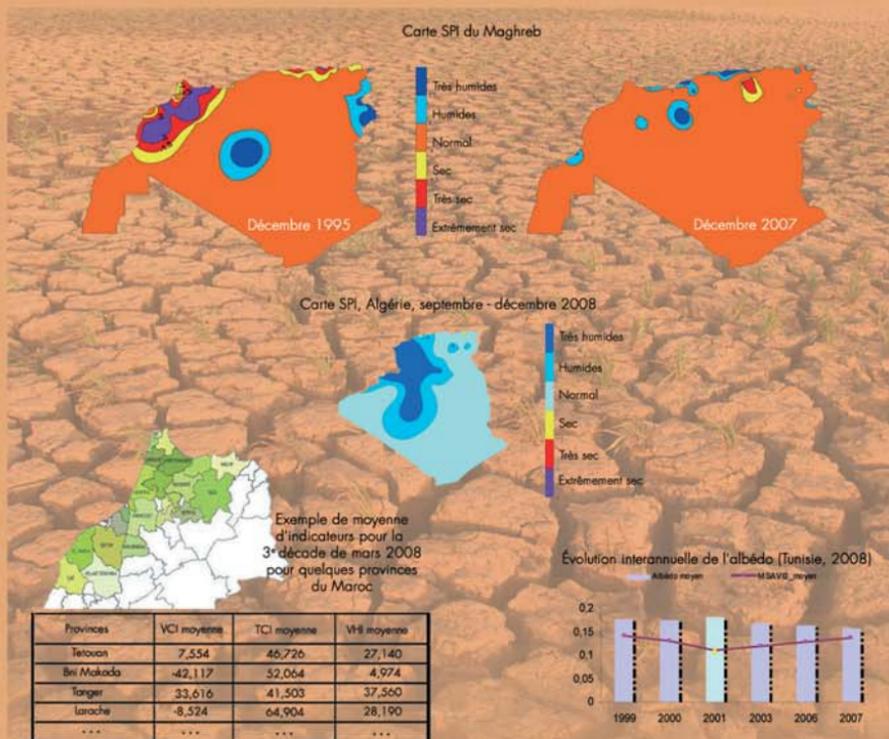


VERS UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB



Collection Synthèse

n° 4

VERS UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

Tunis, 2009

Collection Synthèse

- N° 1 Système aquifère du sahara septentrional (Algérie, Tunisie, Libye) : gestion commune d'un bassin transfrontalier
- N° 2 Système aquifère d'Iullemeden (Mali, Niger, Nigeria) : gestion concertée des ressources en eau partagées d'un aquifère transfrontalier sahélien
- N° 3 La surveillance à long terme en réseau circum-saharien : l'expérience Roselt/OSS
- N° 4 Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb

Copyright © Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), 2009

Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb \ OSS. _ Collection Synthèse n° 4. _
OSS : Tunis, 2008. _ 84 pp.

ISBN : 978-9973-856-39-5

Photos de la couverture : Arne Hoel © Banque mondiale

●●● REMERCIEMENTS

Cette étude portant sur le Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse (SMAS) a été réalisée sous la supervision de M. Youba Sokona, Secrétaire exécutif de l'Observatoire du Sahara et du Sahel.

Ella a été coordonnée par Mourad Briki, Responsable de l'alerte précoce environnementale à l'OSS et Charles Baubion, Conseiller auprès du Secrétaire exécutif. Ce document émane du travail très conséquent mené par l'OSS, en partenariat avec les équipes nationales impliquées dans la mise en œuvre du Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse. Nous en citons en particulier :

Algérie : Djaffar Youssef (ASAL-CTS), Lynda Hazem et Nedjma Rahmani (DGF) et Azzeddine Saci (ONM) ;

Maroc : Nouredine Bijaber et Mariam Saidi (CRTS), Fatima Driouech (DMN), Hamid Felloun et Fatiha Salouani (DPV), et Mohamed Yassine (HCEFLCD) ;

Tunisie : Lamine Aouni (CNT), Lotfi Laatiri et Hatem Baccour (INM) et Houcine Taamallah (IRA).

Cette étude s'est appuyée en grande partie sur le travail réalisé, dans le cadre du projet SMAS, par les experts nationaux MM. Mohamed Safar Zitoun (Algérie), Mohamed Karrou (Maroc) et Habib Ben Boubaker (Tunisie) qui ont analysé et évalué les systèmes d'alerte précoce à la sécheresse au niveau des trois pays.

Nous souhaitons remercier vivement Son Excellence M. Habib Ben Yahya, Secrétaire général de l'Union du Maghreb arabe qui nous fait l'honneur de préfacer cette étude.

D'autre part, nous voudrions remercier chaleureusement M. Marc Bied Charreton et Mme Yamna Djellouli qui nous ont éclairés de leurs précieux commentaires et suggestions.

La présente version de ce document a bénéficié des relectures et avis de Mélanie Requier-Desjardins, Nabil Ben Khatra et Al-Hamndou Dorsouma (respectivement coordinatrice et membres du programme Environnement).

Nous sommes redevables à Sonia Abassi pour son dévouement à assister l'équipe de rédaction, à Tharouet Elamri qui a efficacement contribué à la relecture et à la clarté de ce texte, et à Olfa Othman dont les efforts de maquette et de mise en page ont permis que vous ayez entre les mains un document agréable à lire et à consulter.

Ce document a été réalisé grâce au soutien financier du programme LIFE-Pays Tiers de la Commission européenne.

Que tous trouvent en ce travail le fruit de leur franche collaboration.

●●● PRÉFACE

Les pays d’Afrique du Nord souffrent de sécheresses récurrentes, dont la fréquence a augmenté ces quarante dernières années. L’accentuation de la variabilité climatique touche en particulier le centre et le nord de ces pays et les pronostics du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC) sont préoccupants, voire alarmants. Ils indiquent en effet une aggravation des tendances pour les décennies à venir.

Dans les pays du Maghreb, la contribution du secteur primaire au PIB est supérieure à 10 % ce qui reflète l’importance des activités agricoles et d’élevage dans la société et dans l’économie. Si on trouve dans ces pays des types d’agriculture très variés, recourant pour certains aux technologies de pointe dans les secteurs de l’irrigation ou de la commercialisation (filières), la petite exploitation familiale demeure le modèle dominant car elle concerne la majorité des exploitants ruraux. Les sociétés rurales du Maghreb sont donc vulnérables à la sécheresse, dans ses dimensions climatique, hydrologique, édaphique, sociale et économique. La sécurité alimentaire, les mouvements migratoires, l’état de l’environnement et l’état de pauvreté sont donc des variables-clés en jeu dans les dynamiques climatiques.

Depuis plusieurs décennies, les pays d’Afrique du Nord ont développé des politiques de développement agricole à l’attention des zones marginalisées. Mais la sécheresse nécessite d’être anticipée pour en gérer les impacts. Et les zones vulnérables doivent être identifiées par des mécanismes d’observation et de suivi, et donc par le recueil régulier de données pertinentes et de mise à disposition d’indicateurs.

La définition et la production de bulletins d’alerte précoce à la sécheresse apparaissent donc comme un premier défi, une première étape dans la gestion et la prévention des catastrophes climatiques. Un défi qui repose sur une coordination

multisectorielle des administrations centrales. Un défi qui nécessite aussi la mise en place de partenariats transfrontaliers permettant l'appréhension ainsi qu'une meilleure compréhension des phénomènes climatiques dans leur dimension régionale. Comprendre à cette échelle les modes d'apparition et de diffusion des types de sécheresse afin de les prévenir est un immense défi.

Cet ouvrage relate l'expérience du projet « Mise en place d'un système d'alerte précoce à la Sécheresse » (SMAS) coordonnée par l'Observatoire du Sahara et du Sahel dans trois pays, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie avec l'appui de l'Union Européenne. Il donne les éclairages conceptuels propres à alimenter une vision commune des dispositifs d'alerte précoce dans la région. Il décrit l'élaboration des prototypes de bulletin d'alerte précoce produits par les trois pays en insistant sur les aspects méthodologiques, notamment le travail de concertation, de coordination et d'échange entre les partenaires, les zonages thématiques ainsi que le choix des indicateurs multidimensionnels de vulnérabilité.

Le projet SMAS préfigure aussi ce que pourrait être un système d'alerte précoce pour toute la région de l'Union du Maghreb Arabe : basé sur des échanges réguliers de données spécifiques, notamment les données climatiques issues des stations nationales, il permettrait par exemple de bâtir une carte de prévision des déficits alimentaires.

Le deuxième défi tient donc à l'institutionnalisation et la pérennisation de produits, tels que les bulletins d'alerte, les cartes ou les indicateurs stratégiques comme ceux élaborés dans le cadre de SMAS.

Enfin, le troisième défi repose sur la valorisation des outils réalisés. Il s'agit non seulement d'appuyer la définition des politiques rurales ou agricoles, économiques et sociales, mais aussi de permettre la programmation des mesures, notamment d'urgence, à prévoir sur la base des informations issues de l'alerte précoce.

Un long chemin reste à accomplir pour atteindre l'ensemble de ces objectifs. Cet ouvrage qui pose avec rigueur les jalons d'une telle entreprise montre qu'une telle volonté existe déjà parmi les experts des pays et que la coopération régionale offre des perspectives de nature à dynamiser l'ensemble de ces processus. Nous espérons que ce travail qui déjà rencontre l'intérêt des décideurs politiques dans les trois pays saura les encourager dans cet effort.

Habib BEN YAHIA



Sécretaire général
de l'Union du Maghreb Arabe

●●● SOMMAIRE

PRÉFACE	5
INTRODUCTION	9
LA SÈCHERESSE : DEFINITIONS ET CARACTERISATION DANS LES PAYS DU MAGHREB	11
1- Le concept de la sécheresse	11
2- Des sécheresses différentes mais interdépendantes	13
3- Le cas du Maghreb : processus et cycles de la sécheresse	16
LA SÈCHERESSE : UN RISQUE NATUREL PARTICULIER A GÉRER	25
1- Politiques et stratégies de gestion du risque	25
2- La sécheresse, un risque négligé ?	28
L'ALERTE PRÉCOCE A LA SÈCHERESSE : UN OUTIL STRATÉGIQUE SE MET EN PLACE AU MAGHREB	33
1- Définitions et principes d'un système d'alerte précoce à la sécheresse (SAPS)	33
2- Construire un système d'alerte précoce à la sécheresse : une méthodologie	41
MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE À LA SÈCHERESSE AU MAGHREB	51
1- Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse (SMAS)	51
2- Diagnostic de l'existant au niveau du Maghreb	53
3- Définition des outils et méthodologies pour l'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb	57

CONCLUSION	65
BIBLIOGRAPHIE	69
PARTENAIRES DU SMAS	77

●●● INTRODUCTION

Le Maghreb central est caractérisé par une faible pluviométrie annuelle moyenne et une forte fluctuation des précipitations. Au cours de ces dernières décennies, il a souffert de plusieurs épisodes de sécheresse et cette dernière tend à être plus structurelle que conjoncturelle. En années de sécheresse, la rareté des pluies affecte l'agriculture pluviale qui occupe une superficie agricole importante dans la région ; mais également tous les autres secteurs dépendant des ressources en eau. L'agriculture irriguée est également touchée et des mesures de restrictions d'allocation d'eau sont généralement appliquées. La rareté de l'eau affecte aussi l'industrie, le tourisme et d'une façon générale les populations, surtout en milieu rural. Ces dernières trouvent des difficultés à satisfaire leurs besoins en eau potable et à nourrir leurs familles et leurs bétails, dès lors que les prix des produits agricoles s'accroissent sous les effets de la sécheresse. Dans ce milieu, la sécheresse accentue les phénomènes de pauvreté et d'exode rural. La sécheresse contribue aussi à la dégradation des autres ressources naturelles telles que la végétation, les parcours pastoraux et les sols, accentuant ainsi le processus d'érosion et de désertification. En effet, la sécheresse et la désertification sont des phénomènes très liés. C'est pour cela que la Convention de lutte contre la désertification a incité ses pays Parties à s'engager à combattre à la fois la désertification et les effets de la sécheresse.

Depuis les années 80, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie ont mis en place des structures et des programmes pour lutter efficacement contre la désertification et atténuer les effets de la sécheresse. Néanmoins, les approches adoptées restent plus réactives que proactives. A cet effet, en 2004, les ministres maghrébins de l'Agriculture et le Secrétariat de l'Union du Maghreb arabe (UMA) ont fortement recommandé la mise en place d'un observatoire maghrébin de la sécheresse.

Cette recommandation se concrétise actuellement dans le cadre du projet « Mise en place d'un système d'alerte précoce à la sécheresse dans les trois pays de

la rive Sud de la Méditerranée : Algérie, Maroc, Tunisie » appelé communément SMAS, coordonné par l'OSS et qui bénéficie de l'appui financier de la commission européenne via son programme LIFE-Pays Tiers.

Le présent document ambitionne de traiter des aspects de la sécheresse, et de la vulnérabilité, d'évaluer les systèmes d'alerte précoce existants au niveau des trois pays et de proposer une méthodologie harmonisée basée sur le zonage et la production d'indicateurs de vulnérabilité structurelle et conjoncturelle. Cette méthodologie permettra de mettre en place des systèmes nationaux d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb.

●●● LA SECHERESSE : DEFINITIONS ET CARACTERISATION DANS LES PAYS DU MAGHREB

1- Le concept de la sécheresse

La sécheresse est un phénomène récurrent du climat. Elle diffère des autres fluctuations climatiques par le fait qu'elle s'installe lentement et se développe au cours des mois voire même des années. Elle peut affecter des espaces assez larges. Cependant, ses caractéristiques varient d'une région à une autre. Néanmoins, il ne faut pas confondre la sécheresse et l'aridité. La sécheresse peut être comprise comme une situation temporaire caractérisée par un manque de précipitations par rapport aux valeurs normales. L'aridité, par contre, est une caractéristique climatique d'une zone donnée ; c'est la situation permanente de faibles précipitations annuelles ou saisonnières (Lain, 2005).

La sécheresse est parmi les catastrophes naturelles les plus complexes. Son début, sa fin et sa sévérité sont souvent difficiles à prévoir. Comme pour les autres catastrophes, les impacts de la sécheresse touchent différents secteurs, économiques, sociaux et environnementaux.

L'impact de la sécheresse comprend une composante naturelle et une autre sociale. Dans chaque région, le risque qui lui est associé est le produit de l'intensité de l'évènement, de l'exposition à l'aléa et de la vulnérabilité de la société à l'évènement.

Les sécheresses peuvent être différentes en intensité, en durée et en ampleur spatiale. Elles sont généralement mesurées par la déviation d'un indice par rapport à une norme critique préétablie. La sécheresse (ou sècheresse) est l'état (normal ou passager) du sol et/ou d'un environnement, correspondant à un

manque d'eau, sur une période significativement longue pour qu'elle affecte sur la flore naturelle ou cultivée, et les sociétés.

La durée requise pour l'installation de la sécheresse est souvent d'au moins deux à trois jours et peut durer une période de plusieurs mois ou années. La surface affectée par une sécheresse sévère évolue graduellement et les régions touchées par une intensité maximale peuvent changer d'une saison à une autre. Par ailleurs, la sécheresse affecte tout aussi les zones urbaines que rurales.

La sécheresse se produit dans toutes les zones climatiques du globe terrestre. Dans certaines régions, les conditions de la sécheresse peuvent être fortement influencées par certains mécanismes. Parmi ces mécanismes, on peut citer une augmentation de la surface et de la persistance des poches de fortes pressions sub-tropicales, les changements des circulations des moussons d'été, les plus basses températures océaniques et le déplacement des voies des orages de moyenne-altitude. Des humidités relatives basses, des hautes températures et vents forts sont également des facteurs pouvant amplifier les effets de la sécheresse et de son intensité. Le phénomène El Niño, qui perturbe périodiquement la circulation des courants océaniques et la température des océans, est un facteur majeur de perturbation du climat et participe souvent à l'amplification des sécheresses.

La sécheresse n'a pas de définition universelle. Il y a autant de définitions que de domaines d'utilisation de l'eau. Wilhite et Glantz (1985) ont évalué à plus de 150 le nombre de définitions publiées. Mais d'une façon générale, la sécheresse peut être définie comme étant une période prolongée de précipitations insuffisantes, normalement une ou plusieurs saisons, voire années, qui causent un déficit d'eau dans certains secteurs de l'économie d'un pays. Cette sécheresse doit être considérée par rapport à 1) certaines conditions moyennes à long terme du bilan final des précipitations et de l'évapotranspiration dans une région particulière, 2) l'échelle temporelle et 3) l'efficacité des précipitations.

Il existe deux types de définitions de la sécheresse, conceptuelle et opérationnelle. Les définitions conceptuelles sont formulées en terme général pour aider les gens à mieux comprendre le concept de la sécheresse. Elles sont aussi importantes dans l'établissement des politiques de la sécheresse. Par exemple, la sécheresse peut être définie conceptuellement comme étant le prolongement de la période de déficit pluviométrique entraînant des dégâts importants sur les cultures et, par conséquent, des pertes de rendements ou un rabattement sévère de la nappe phréatique et donc un tarissement des puits qui sont la source de l'eau potable dans certaines régions. Les définitions opérationnelles renseignent sur l'importance et le degré de sévérité de la sécheresse. En effet, elles permettent de définir son début, sa fin et son degré de

sévérité. Ceci peut être réalisé par une comparaison des conditions en cours avec des données historiques du climat. Cette information peut aider à mieux se préparer pour l'occurrence d'éventuelles sécheresses.

2- Des sécheresses différentes mais interdépendantes

La sécheresse, qui commence comme un événement climatique, s'étend progressivement à tous les domaines où l'eau intervient. C'est ainsi que l'on distingue généralement quatre types de sécheresse, météorologique, agricole, hydrologique et socio-économique auxquelles on peut ajouter un cinquième type : la sécheresse forestière. Ces sécheresses peuvent ne pas se manifester en même temps. Cependant, la sécheresse météorologique reste l'élément moteur des autres.

2.1- Plusieurs types de sécheresse

La sécheresse météorologique se caractérise par une réduction ou une mauvaise répartition, voire une absence des pluies dans une région donnée sur une période de temps déterminée. Elle est souvent définie, pour une zone caractérisée par des pluies saisonnières, par la mesure de la déviation des précipitations cumulées sur une période donnée par rapport à la normale de cette période calculée sur au moins 30 ans. Dans les régions où la pluie est reçue toute l'année, la définition de la sécheresse est basée sur le nombre de jours où les précipitations sont inférieures à un niveau critique donné.

La sécheresse agricole réfère aux situations où l'humidité du sol et les réserves en eau deviennent insuffisantes pour satisfaire les besoins des cultures et ceux du bétail dans une région donnée. Cette sécheresse entraîne la réduction des rendements et met en danger les animaux. Les effets de la sécheresse sur les cultures dépendent du degré de sensibilité au stress hydrique, du stade de la plante au moment de la sécheresse, de la réserve en eau dans le sol et des techniques culturales utilisées. Certaines espèces ou variétés sont plus résistantes que d'autres. Lorsque la sécheresse intervient à certains stades critiques, tels que la floraison par exemple dans un sol peu profond et à capacité de rétention de l'eau faible, la croissance et le développement des plantes peuvent être fortement affectés et, par conséquent, la productivité peut devenir très faible.

La définition de **la sécheresse dite forestière** (Karrou, 2006) est similaire à celle de la sécheresse agricole. En effet, le système forestier, de même que celui agricole, est basé sur les relations qui existent entre l'homme, l'animal et le végétal (faune et flore). Par conséquent, la sécheresse forestière se réfère aux situations où l'humidité du sol et les réserves en eau deviennent insuffisantes pour satisfaire les

besoins des arbres, des plantes herbacées et de la faune forestière. Sous les conditions de sécheresse, les arbres forestiers dépérissent progressivement pour finir parfois jusqu'à disparaître. En général, l'impact de la sécheresse sur une culture annuelle est moins dramatique que sur un arbre, dont, la régénération demande beaucoup d'années, alors qu'une culture peut être semée et récoltée l'année suivante. Dans le domaine forestier, la sécheresse a plusieurs types d'impacts. Il y a en premier lieu les impacts directs, tels que le faible taux de réussite des périmètres de reboisement, la baisse de la régénération naturelle, l'augmentation de la vulnérabilité des arbres aux incendies (inflammabilité) ou aux attaques parasitaires. Les impacts indirects concernent l'augmentation de la pression sur la biomasse pérenne par le bétail et la population, ainsi que la perte de la biodiversité liée au départ de la faune (oiseaux et mammifères) en période sèche.

La sécheresse hydrologique se définit par l'écart de l'approvisionnement en eau de surface et en eau souterraine par rapport à une normale sur une période donnée. Elle est ainsi liée aux conséquences d'un déficit pluviométrique sur le système hydrologique, mais ce lien n'est pas forcément direct. En effet, le niveau d'eau dans les fleuves et les lacs ainsi que dans les aquifères n'est pas en relation linéaire avec le niveau de précipitation, du fait d'abord des multiples usages des ressources en eau qui peuvent entraîner eux aussi d'importants déficits et sont souvent en compétition (irrigation, tourisme, production électrique...). D'autre part, le décalage temporel entre le déficit de précipitation d'une sécheresse météorologique et son expression au niveau des ressources en eau est souvent important, particulièrement en ce qui concerne les ressources en eau souterraines. D'autres facteurs, tels que le changement du relief et l'occupation du sol qui réduisent le ruissellement, ou la construction des barrages, ont un impact significatif sur ce type de sécheresse, qui se fait sentir aussi en aval du bassin hydrologique. On soulignera aussi que le retour à la normale du cycle hydrologique après une période de sécheresse est lent : les périodes de recharge des différents éléments du cycle, et notamment de sa composante souterraine, ont une durée qui souvent non négligeable.

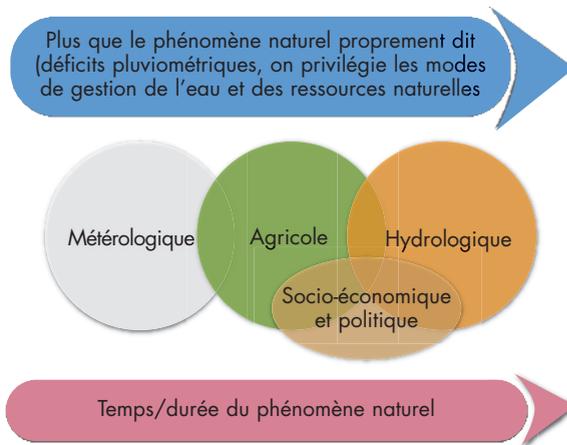
On parle de **sécheresse socio-économique** lorsque l'insuffisance d'eau commence à affecter les gens et leurs vies. Elle associe les biens économiques et les éléments des sécheresses météorologique, agricole, hydrologique et même forestière. Ce type de définition diffère des autres par le fait que cette sécheresse est basée sur le processus de l'offre et de la demande. La sécheresse socio-économique se manifeste lorsque l'offre d'un bien économique ou d'une denrée (i.e. eau, grains, foin, énergie hydro-électrique...) ne peut plus satisfaire la demande de ce produit et que la cause de ce déficit est liée au climat, et singulièrement au manque de précipitations. Ainsi, l'offre varie annuellement et au cours

de l'année en fonction de l'eau disponible. L'amélioration de la production, le développement de nouvelles technologies bien adaptées et le stockage ou une meilleure gestion des ressources en eau peut augmenter l'offre des biens. Quant à la demande de ces biens, elle augmente avec l'augmentation de la population et de la consommation. Si la demande augmente plus rapidement que l'offre, l'impact de la sécheresse sera beaucoup plus significatif dans la zone affectée.

2.2- Relations entre les différents types de sécheresse

Ces différents types de sécheresse sont évidemment intimement liés. Pour autant leurs relations sont complexes. Tout d'abord, les sécheresses agricoles, forestières, hydrologiques ou socio-économiques se manifestent dans un deuxième temps par rapport aux sécheresses météorologiques. Lorsqu'il y a un déficit pluviométrique (sécheresse météorologique), la sécheresse agricole est la première à être sentie, le secteur agricole étant le premier à être affecté du fait de sa dépendance directe à l'humidité du sol, facilement épuisable. Il faut cependant souvent plusieurs semaines de déficit avant que les cultures et les pâturages soient atteints. Si la déficience des pluies persiste sur plusieurs mois, c'est le débit des cours d'eau, le niveau des lacs, voire celui des nappes d'eau souterraines qui est touché, c'est la sécheresse hydrologique. Et si la sécheresse se maintient encore, les différents types de sécheresses se conjuguent et les effets de la sécheresse socio-économique se font alors sentir. Ces effets continuent d'augmenter avec le temps dans la mesure où la sécheresse participe aussi à l'augmentation de la demande en eau, dont l'offre est justement contrainte par cette même sécheresse. Quand les précipitations retournent à la normale, les réserves de l'eau du sol sont les premières à être restituées, suivies par le remplissage des cours d'eau, des réservoirs et des nappes phréatiques. Les utilisateurs des eaux des nappes sont souvent les derniers à être affectés par la sécheresse et sont aussi les derniers à connaître le retour des niveaux normaux des eaux. Ainsi, il paraît évident que les différentes sécheresses interagissent les unes avec les autres, et que dans cette interaction, le facteur temps est déterminant.

Figure 1: Relations entre les différents types de sécheresse - Centre national de lutte contre la sécheresse, Université du Nebraska-Lincoln, USA (OMM, 2006)



3- Le cas du Maghreb : processus et cycles de la sécheresse

La Libye, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc et la Mauritanie constituent la région du Maghreb arabe, qui s'étend entre les latitudes 37° N et 15° S et les longitudes 25° E et 17° W, et couvre une superficie globale d'environ 5,7 millions de km². Sa géographie physique se compose de plaines côtières, de chaînes de montagnes et de hauts plateaux. Avec les formations désertiques, qui couvrent l'essentiel de la superficie de la région, les zones arides, semi-arides et subhumides sèches occupent plus de 80 % de cet espace géographique. Actuellement, la région totalise 80 millions d'habitants dont plus de 50 % vivent dans les zones rurales et dépendent totalement des ressources naturelles souvent vulnérables. C'est essentiellement sur l'Algérie, le Maroc et la Tunisie, pays partenaires du projet SMAS, que nous baserons nos réflexions.

3.1- Le climat maghrébin

Les pays du Maghreb ont un climat diversifié dominé par l'aridité. Les précipitations y sont caractérisées par une grande variabilité et par leur inégale répartition dans le temps et l'espace. Les différents éléments climatiques peuvent prendre des tournures préoccupantes, les aléas les plus dommageables et les plus fortement éprouvants étant liés à l'irrégularité et à la variabilité des pluies, à savoir les grandes sécheresses et les pluies exceptionnelles. La région du nord du Sahara (Algérie, Libye, Maroc et Tunisie) est caractérisée par des précipitations hivernales, spécifiques du climat méditerranéen, et de longs mois d'été chauds et secs ; tandis que la région du sud-ouest du Sahara (Mauritanie) est caractérisée par une courte saison de pluies estivales spécifiques du climat sahélien et une longue saison sèche.

La température dans toute la région varie selon la localisation géographique des zones (côtières, hautes plaines, montagneuses, sahariennes). Elle diminue aux sommets des montagnes et augmente vers le sud dans le désert où elle peut atteindre plus de 40° C en été. Dans les zones côtières, il est rare que la température descende à 0° C en hiver. L'amplitude est très importante et varie selon la latitude N-S. Le climat et ses composantes constituent le facteur le plus important dans la répartition de la couverture végétale, l'intensité de l'érosion des sols et le développement du processus de la désertification.

Le **Maroc** est caractérisé par une variabilité spatiale et temporelle de son climat. La forte variabilité des précipitations d'une région à une autre est l'une des spécificités de ce climat. On distingue trois principales zones climatiques. La partie nord-ouest est ouverte à l'influence de la Méditerranée et de l'Atlantique et subit un régime tempéré. La barrière de l'Atlas rend les précipitations moins fréquentes et moins importantes sur l'est du pays et plus intenses sur les hauteurs que sur les plaines. Enfin, l'extension latitudinale (du 20° au 37° Nord) diversifie le climat avec un Nord tempéré à semi-aride et un Sud chaud et aride. Les écarts de pluviométrie sont très grands entre les plaines du Nord-Ouest qui totalisent une moyenne annuelle de 300 mm et les régions du Sud qui avoisinent 100 mm. En plus de leur variabilité spatiale, les pluies sont très irrégulières en cumul et en répartition temporelle, ce qui se traduit par les phénomènes suivants : les cumuls enregistrés peuvent atteindre le double et même le triple de la normale en années humides ou ne dépasser 40 à 50 % de cette valeur en années sèches ; le mois le plus arrosé n'est jamais le même et peut changer d'une année à une autre pour une région donnée ; la date du début comme celle de la fin de la saison pluvieuse peut varier d'une année à une autre pour une région donnée.

La partie sensible aux aléas climatiques de l'**Algérie** ne représente que 13 % de la superficie totale du pays mais c'est aussi la plus dense en population, celle qui concentre les meilleurs sols, les ressources en eau renouvelables, la faune et la flore les plus remarquables du pays. C'est sur cette bande septentrionale, qui s'étend du Maroc à la Tunisie et que limite au nord la Méditerranée et au sud l'isohyète 200 mm, que s'observent les différentes formes de sécheresse. Ainsi, une certaine disparité existe d'ouest en est et du nord vers le sud. La frange littorale que stoppe l'Atlas tellien au sud, et dont la largeur est de 100 à 150 km, est la zone la plus arrosée, avec une augmentation des moyennes annuelles d'ouest en est (de 400 à plus de 1000 mm / an). Entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien se trouve une large bande de 300 à 350 km contenant les hautes plaines céréalières, la steppe présaharienne à vocation pastorale et les bassins endoréiques les plus caractéristiques. C'est une zone où prédominent les eaux

souterraines. La pluviométrie y est entre 100 et 400 mm et la sensibilité à la désertification particulièrement importante. Au-delà de cette bande septentrionale, le Sahara qui occupe les 87 % du pays est un territoire particulièrement aride et quasi-indépendant des aléas climatiques, sauf pour la région du massif du Hoggar et du Tassili où les rares pluies apportées par la remontée du front intertropical viennent alimenter épisodiquement (en occasionnant certaines années des inondations souvent destructrices) les poches d'eau des massifs volcano-granitiques et les nappes fort utiles à la population.

La position géographique de la **Tunisie** la met au contact avec deux domaines climatiques bien opposés : le tempéré humide et le tropical aride. Elle est en outre en contact avec la Méditerranée au nord et le Sahara au sud. L'effet de cette position géographique se traduit par une grande variabilité du climat à toutes les échelles du temps (interannuelle, saisonnière, mensuelle et synoptique). A l'échelle spatiale, le Nord est plus influencé par les processus perturbés de la zone tempérée et de la Méditerranée que le Sud. Ce dernier est par contre plus ouvert aux influences sahariennes. Dans le cadre de cette variabilité, la Tunisie connaît des situations de sécheresse et des événements de fortes, voire de très fortes pluies.

3.2- Les sécheresses au Maghreb

Les caractéristiques climatiques du Maghreb font que les sécheresses y sont des événements récurrents. On peut même parler par endroits de sécheresses persistantes.

Le Maroc a connu plusieurs sécheresses de différentes durées, intensités et étendues spatiales. Leur fréquence est irrégulière et aucune organisation n'a été notée. Durant le 20^e siècle, le pays a connu plus de dix périodes sèches principales (DMN, 1997) dont l'extension a été à peu près généralisée sur la majeure partie du pays et d'intensité modérée à forte. Celles-ci ont survécu au cours des années 1904-05, 1917-20, 1930-35, 1944-45, 1948-50, 1960-61, 1974-75, 1981-1984, 1991-93, 1994-95 et 1999-2001. Cependant, les plus sévères sont celles de 1904-05, 1931-34, 1944-45, 1982-84, 1994-95 et 1999-2000. L'année 1994-95 est la plus sèche du siècle. La fréquence de la sécheresse qui était de 1 année sur 5 avant les années 1990 est devenue 1 année sur 2 au cours de la dernière décennie du 20^e siècle. Quant à la durée séparant deux sécheresses, elle n'a jamais dépassé 13 ans et toutes les décennies ont connu au moins une année sèche. De même, la persistance de la sécheresse peut aller jusqu'à 6 ans (cas de 1930-35 et 1980-85). Par ailleurs, on a constaté une baisse d'environ 30 % du cumul des précipitations d'octobre à avril durant la période 1978-94, par rapport à la période 1961-17, et l'examen des périodes de sécheresse montre que la fréquence

et l'extension spatiale du phénomène tendent à augmenter depuis une vingtaine d'années (SMAS, 2006). Ainsi, les études d'évolution et des tendances de la pluviométrie au Maroc sur les 45 dernières années montrent (Driouech, 2006) des tendances vers la baisse significatives des précipitations cumulées de la saison pluvieuse au Nord-Ouest et des précipitations printanières à l'échelle nationale, un allongement significatif des périodes intra-annuelles de sécheresse surtout en février-mars-avril, période importante pour l'agriculture nationale, et une diminution du nombre annuel total des jours pluvieux. On trouve au Maroc tous les types de sécheresse, et leur impact sur la fourniture d'eau potable et d'irrigation entraîne des restrictions de plus en plus fréquentes. Par exemple, ces restrictions ont eu lieu dans certaines grandes villes (Marrakech, Tétouan, Tanger) au cours des années 1983, 1993 et 1995, allant de 25 à 50 % de leurs besoins, ainsi que pour la fourniture d'eau d'irrigation où les déficits enregistrés ont été de 10 à 90 % durant les cycles de sécheresse, au cours des années 1980-85 et 1991-95 (PNUD/FEM, 1997), (Driouech, 2006).

En Algérie, c'est surtout sur le plan hydrologique que la sécheresse est appréhendée, les ressources en eaux superficielles étant très sensibles aux variations climatiques. Au cours du siècle précédent, l'Algérie a vécu plusieurs périodes de sécheresse dont les plus intenses ont été ressenties en 1910 et en 1940 et de manière plus persistante dans les années 1975-80 ainsi qu'au début du siècle. La mesure des apports en eau dans certains barrages pendant les périodes 1945-98, 1945-75 et 1976-98 (tableau 1) montre que les apports ont diminué de moitié, ce qui donne une idée de l'ampleur de cette sécheresse et de la dégradation climatique qui en est la cause.

	Apports (Moyenne annuelle en hm ³)			Rapports		
	45-98	45-75 Période humide	76-98 Période sèche	4=3/1	5=3/2	6=1/2
	1	2	3			
Béni Bahdel	67	88	36	0,55	0,42	0,77
Cheurfas	71	94	31	0,43	0,33	0,76
Ouizert	53	69	26	0,49	0,38	0,77
Ghrib	129	173	89	0,69	0,52	0,75
Fodda	78	113	50	0,64	0,44	0,70
Baghadda	55	78	33	0,60	0,43	0,71
Hamiz	40	47	31	0,76	0,64	0,84
Chéffia	135	162	119	0,89	0,73	0,83
Zardézas	55	70	51	0,82	0,72	0,79
				0,71	0,51	0,72

Tableau 1 : apports en eau au niveau des barrages algériens

NB : Les rapports indiquent qu'en moyenne, les apports d'eau aux barrages ont diminué de moitié entre la période sèche et la période humide (Safar Zitoun, 2006)

La dernière sécheresse sévit ainsi dans le pays depuis déjà deux décennies, et est particulièrement sévère dans l'ouest du pays. Une étude sur l'aménagement hydro-agricole de la Mitidja (Mac Donald et Partners, 1997) confirme que la période 1950-75 a été plus humide que la moyenne à long terme ; alors qu'à partir de 1977, on assiste à une sécheresse assez marquée, sans précédent depuis le début des observations. Ainsi, depuis plusieurs années, la pluie est devenue un facteur important de la vie quotidienne du citoyen. Les restrictions en eau, devenues courantes en été, se sont étendues ces dernières années à l'hiver dans plusieurs régions, l'Ouest en particulier.

Au cours du 20^e siècle, la Tunisie a connu plusieurs grandes sécheresses. Mais ces dernières n'ont pas affecté toutes les décennies avec la même fréquence. Les années 1950 et les années 1970, par exemple, se démarquent par la faible apparition des années sèches. Les années 1920, 1940, 1960 et 1980 ont connu, en revanche, des sécheresses pluriannuelles, de grandes extensions spatiales et avec un déficit pluviométrique important (Hénia L., 2001). La sécheresse des années 1940 est la plus sévère du siècle. Certaines stations ont connu 6 à 8 années sèches successives. Pendant quatre années successives (de 1944-45 à 1947-48), l'isohyète 400 mm s'est maintenue au nord de la moyenne et basse vallée de la Medjerda, c'est-à-dire à plus de 150 km au nord de sa position moyenne, au sud de la Dorsale (Hénia L., 2001). La sécheresse des années 1960 a occupé la période allant de 1960-61 à 1968-69. Il s'agit d'une période à pluviométrie très faible à médiocre. Au cours des années 1980, les années à pluviométrie inférieure à la moyenne l'ont emporté sur les bonnes années. La fin de cette décennie (1987-88 à 1988-89) a connu une grande sécheresse avec un déficit pluviométrique intense qui a affecté l'ensemble du pays, en dehors de l'extrême Sud-Est (figure 2), ce déficit atteignant plus de 60 % de la moyenne dans beaucoup de stations du Centre et du Sud-Ouest en 1987-88.

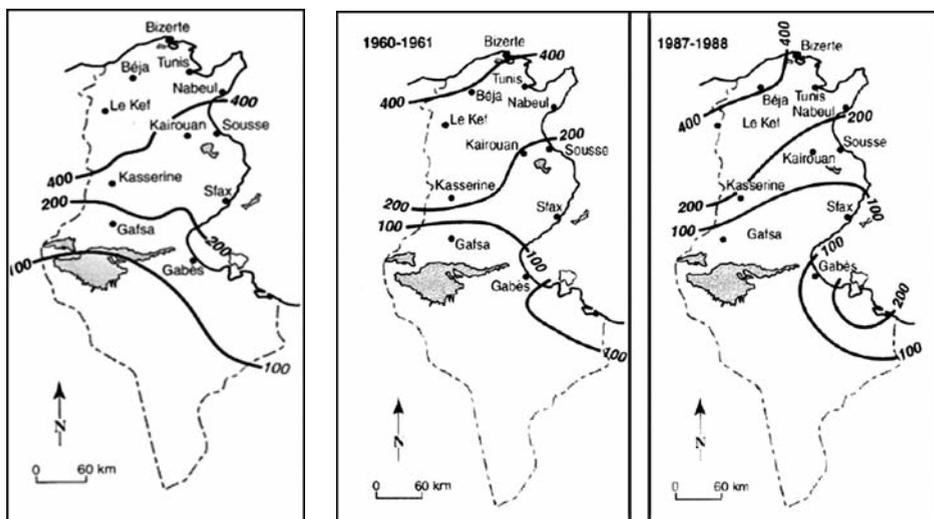


Figure 2 : position moyenne des isohyètes en Tunisie
 (a) migrations vers le nord au cours des années sèches
 (b) 1960-61
 (c) 1987-88 (H. Benboubaker, 2006)

En ce qui concerne les écoulements, les déficits maxima atteints au cours des trente dernières années ont été de 69 % (en 1996-97) dans le Nord, de 89 % (1993-94) dans le Centre et de 95 % (1993-94) dans le Sud. Les sécheresses de 1987-89 et celle de 1993-94 ont eu des répercussions très importantes (la disparition de l'artésianisme et l'épuisement des réserves) sur les forages qui captent les petits aquifères caractérisés par de ressources limitées. Au cours des années sèches 1987-88, 1993-94 et 1996-97, les déficits dans la production céréalière par rapport à la moyenne de la période considérée ont été de 77 % dans le Nord et de 93 % dans le Centre. Cependant, l'une des plus rudes sécheresses a été enregistrée en 2001-02, où même l'olivier n'a pu résister.

En **Mauritanie**, la sécheresse est permanente depuis 1973. Elle a été beaucoup plus ressentie durant la période 1983-86 (UMA, 1995). Cette sécheresse prolongée a aggravé les effets des activités anthropiques conduisant à la désertification et a provoqué dans la province de Trarza le tarissement des oueds et des puits, la perte d'une grande partie du cheptel, l'apparition et l'extension rapide de dunes de sables transformées en fronts dunaires ayant enseveli des villages entiers ainsi que les infrastructures, une menace de désertification imminente des terres agricoles

situées près des berges du fleuve Sénégal et de ses affluents, ainsi qu'un exode rural massif (B. Nahal, 1987 ; M. Mainguet, 2003).

Parallèlement les événements excédentaires et l'intensité avec laquelle arrivent les précipitations provoquent des inondations catastrophiques dans les zones septentrionales (Alger 2001, Tunis 2007 et El Hadjeb au Maroc 1997) comme dans les zones méridionales (Sfax 1982, Tamerasset 2006 et Ghardaia 2008).

3.3- Changements climatiques et sécheresses futures en Afrique du Nord

L'accroissement de la fréquence et de la sévérité des sécheresses en Afrique du Nord au cours des dernières années pose ainsi l'enjeu d'une meilleure prise en compte de ce phénomène. Cela s'avère d'autant plus crucial que les changements climatiques actuels et à venir vont très probablement entraîner une accélération et une amplification de ces épisodes de sécheresse dans la région. Ce sont les conclusions du 4^e rapport du Groupe intergouvernemental d'étude sur l'évolution du climat (GIEC), publié en 2007. En effet, même si peu de scénarios de changement climatique régionaux et sous-régionaux utilisant des modèles climatiques régionaux ont été mis en œuvre en Afrique, et ce, essentiellement à cause du manque de moyens et de données climatiques, la moyenne des modèles climatiques utilisés par le GIEC prévoit une augmentation de la température moyenne de 3 à 4 °C d'ici 2100 au niveau continental africain, et sous un scénario d'émission de gaz à effet de serre moyen. Et certaines modélisations (Roosteenoja & al., 2003) indiquent un réchauffement estival pouvant atteindre jusque 9 °C en moyenne pour l'Afrique du Nord sur les mois de juin à août (GIEC, 2007).

En ce qui concerne les précipitations, les modèles restent très limités en particulier pour simuler les spécificités du climat africain et de ses nombreuses rétroactions encore peu comprises et il est, dès lors, d'autant plus difficile d'estimer les évolutions futures des débits des fleuves et des rivières, en particulier dans les zones arides et semi-arides où de petites variations dans les précipitations peuvent entraîner des variations hydrologiques majeures. Toutefois, malgré ces réserves, quelques études donnent d'ores et déjà des tendances. Ainsi, d'après Christensen & al. (2007), les précipitations le long de la côte méditerranéenne sont susceptibles de décroître de 20 % en valeur moyenne annuelle d'ici 2100. Enfin, à propos des événements climatiques extrêmes, et des sécheresses qui nous intéressent en particulier, l'Afrique du Nord devrait voir leur fréquence et leur durée augmenter dans la seconde moitié du 21^e siècle (Burke & al., 2006)

Les grands principes sont ainsi posés : la sécheresse est multiple, diffuse et difficile à caractériser, et les pays d'Afrique du Nord y sont particulièrement

sensibles aujourd'hui, et le seront probablement encore plus dans le futur. Il est donc temps d'agir rapidement car les conclusions du GIEC (2007) pour l'Afrique sont très inquiétantes. En effet, l'Afrique se révèle très vulnérable au changement climatique et les projections soulignent que 75 à 250 millions de personnes seront exposées à une augmentation du stress hydrique. Si ce changement est couplé à une demande d'eau accrue, il affectera négativement les moyens d'existence et aggravera les problèmes liés à l'eau, note le quatrième du rapport GIEC.

●●● LA SÉCHERESSE : UN RISQUE NATUREL PARTICULIER A GÉRER

De tout temps les sociétés humaines ont été confrontées aux risques naturels. Inondations, incendies, tremblements de terre, sécheresses, tsunamis, tempêtes, ou ouragans... ont façonné la relation entre le monde vivant et la planète Terre. Aujourd'hui, l'impression que ces risques seraient plus importants domine. Une accélération de la fréquence et/ou l'intensité des événements climatiques extrêmes est attendue du fait des changements climatiques. C'est aussi les sociétés humaines qui sont aujourd'hui plus exposées aux risques qu'elles ont cru dominer. Enfin, une moindre tolérance face aux risques se fait sentir parallèlement aux progrès techniques qui donnent le sentiment de pouvoir maîtriser ces risques. Car depuis longtemps les sociétés humaines se sont développées en essayant de dominer ces risques naturels ou du moins d'en limiter les impacts. C'est ainsi que des politiques et des stratégies de gestion des risques de plus en plus abouties ont été réfléchies et mises en œuvre. Face aux sécheresses, il est important de faire le point sur les stratégies de gestion des risques.

1- Politiques et stratégies de gestion du risque

1.1- Quelques définitions

Les sécheresses, on l'a vu, sont des événements naturels. Dans la perspective de concevoir et de mettre en œuvre des politiques et des stratégies de gestion des risques liés aux sécheresses, il convient avant tout de s'accorder sur un certain nombre de définitions et notamment la première : qu'est ce qu'un risque ?

La notion de risque qui nous intéresse, c'est-à-dire le risque qui résulte d'un phénomène naturel extrême, en particulier lié au climat, est la résultante de trois facteurs : la magnitude de l'événement, qui peut se caractériser par son amplitude et/ou sa durée ou répétition, le degré d'exposition des sociétés ou populations à

cet évènement, et leur vulnérabilité (Forum mondial de l'eau de Mexico, 2006). Ainsi, le risque ne se limite pas uniquement au phénomène physique en lui-même, mais à ses impacts négatifs sur la population.

Le risque de catastrophes survient lorsque les aléas interagissent avec les vulnérabilités physique, environnementale et socio-économique. Les évènements d'origine hydrométéorologique constituent la grande majorité des catastrophes (Hyogo framework 2005-2015).

Le concept de vulnérabilité (OSS, 2008) qui se retrouve attaché à cette notion de risque fait référence ici en fait aux capacités des populations ou des sociétés à anticiper, gérer, résister et se remettre des impacts d'une catastrophe naturelle (Janssen & al., 2006). En d'autres termes, au-delà de l'exposition physique à la catastrophe naturelle, c'est surtout de la sensibilité et des capacités des populations face aux risques dont il s'agit. La vulnérabilité d'une population donnée dépend dès lors de nombreux facteurs socio-économiques, et non pas physiques ou climatiques, qui eux déterminent la magnitude du phénomène physique et ses impacts négatifs sur le groupe.

Ces précisions s'avèrent utiles afin de proposer des stratégies de gestion intégrée des risques, qui viseront ainsi à agir sur chacune des différentes composantes de cette notion de risque, l'évènement lui-même, l'exposition à cet évènement, et la vulnérabilité intrinsèque des sociétés ou populations aux risques causés par l'évènement.

1.2- La gestion intégrée des risques

D'après les Nations-unies et plus spécifiquement la Stratégie internationale de réduction des risques, la gestion des risques se caractérise par « le processus systématique incluant les décisions administratives, l'organisation, l'utilisation des compétences et les capacités opérationnelles pour mettre en place des politiques, des stratégies ainsi que les capacités pour les sociétés et communautés de diminuer les impacts des risques naturels ainsi que les risques environnementaux et technologiques associés ». Cela comprend toutes les formes d'activités, incluant des mesures structurelles et non structurelles pour éviter (prévention) ou limiter (atténuation et préparation) les impacts négatifs des évènements climatiques extrêmes. L'approche de la gestion intégrée des risques naturels propose de s'appuyer sur un cycle en trois phases : la préparation, la réponse et la réhabilitation, et de mener des actions à chacune de ces phases, avec pour objectifs de réduire la vulnérabilité et d'améliorer la résilience des sociétés et populations face aux risques (Forum mondial de l'eau, Mexico, 2006).

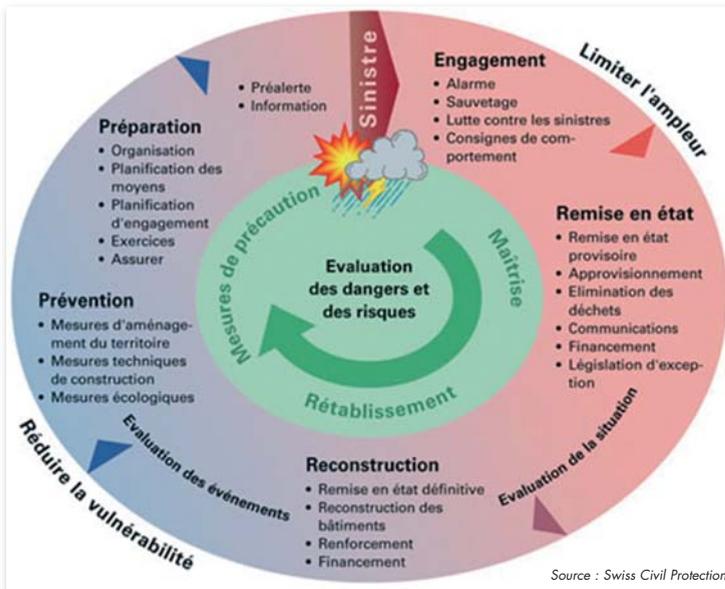


Figure 3 : cycle de gestion du risque

La phase de préparation peut viser les trois différents éléments du risque, l'amplitude du phénomène naturel, l'exposition au risque et la vulnérabilité. Les mesures peuvent être structurelles, avec par exemple la construction de digues contre les inondations, ou de barrages pour stocker l'eau en prévision de sécheresses. En ce qui concerne l'exposition aux risques, la planification urbaine à travers des plans d'occupation des sols prenant en compte les risques naturels constitue souvent une mesure efficace, de même que les normes de construction dans le cas des phénomènes tels que les tremblements de terre, les tempêtes, ou les avalanches. D'autres mesures non structurelles sont tout autant, si ce n'est plus importantes, et notamment la connaissance, l'information, la conscience du risque et l'éducation au risque des populations et en particulier des groupes les plus vulnérables. Dans cette perspective, les systèmes de prévision des risques et d'alerte sont essentiels. La préparation de plans d'action pour les services de secours, et pour la prise en charge des populations touchées, avec la constitution de stocks de matériels et de denrées adaptés au risque – à sa durée notamment –, ainsi que la définition de mécanismes financiers comme les assurances et les fonds de solidarité nationaux ou internationaux, constituent les ultimes éléments de cette préparation.

La phase de réponse est conséquente à la manifestation concrète du risque ou de la catastrophe. Elle concerne dans un premier temps l'alerte et la mise en œuvre des stratégies et plans d'actions des services de secours prévus à cet effet. L'assistance aux victimes : la réponse doit aussi viser à limiter l'extension spatiale et temporelle

du risque et de ses conséquences, et prendre des mesures immédiates à cet effet. C'est aussi dès la phase de réponse qu'il s'agit d'évaluer et de documenter le phénomène, ainsi que la réponse, afin d'en tirer parti pour la future alerte.

La réhabilitation consiste enfin à reconstruire, réhabiliter ou reconstituer ce qui a pu être détruit ou affaibli par la catastrophe naturelle. Les aspects financiers peuvent être importants à ce niveau avec la mise en œuvre d'assurances et de mécanismes de solidarité. Cette phase est souvent un moment crucial pour réévaluer la vulnérabilité et la résilience des populations affectées, et mettre en place des mesures concrètes afin de diminuer et d'augmenter leur résilience. Dès lors, c'est déjà la phase de préparation qui est entamée, fermant ainsi le cycle.

2- La sécheresse, un risque négligé ?

2.1- La sécheresse, un risque naturel si particulier et dévastateur

On a déjà souligné les particularités du risque sécheresse par rapport aux autres risques climatiques ou liés à l'eau, mais aussi l'ensemble des risques naturels. Les sécheresses se distinguent en effet par leur expansion spatiale, contrairement aux inondations qui touchent le plus souvent les berges, ou aux séismes dont les épicentres sont localisés le long des failles sismiques. Au niveau temporel, leur durée comme leur manifestation lente et progressive impose de sortir du cadre de réflexion théorique que les gestionnaires des risques naturels ont imaginé. En outre, leurs effets se manifestent tout à fait différemment que pour les autres risques naturels, dans le sens où une sécheresse entraîne peu de destructions directement matérielles, car c'est surtout le règne végétal (forêts, cultures) et animal (troupeaux...) qu'elle atteint. Enfin, c'est aussi le fait que les sécheresses dépendent souvent autant de facteurs économiques, sociaux, politiques et agricoles que météorologiques ou hydrologiques, qui rend difficile l'application des théories de gestion du risque.

C'est peut-être à cause de ses particularités temporelles que le risque sécheresse n'est pas perçu comme une priorité en comparaison avec les autres risques tels que les inondations ou les ouragans, qui attirent plus l'attention médiatique et politique en général. Pourtant, la sécheresse est un risque naturel dévastateur et insuffisamment compris. Effectivement, au cours de la décennie 1993-2002, d'après la Fédération internationale de la Croix Rouge et du Croissant Rouge, ce sont les sécheresses et les famines associées qui ont affecté 82 % des personnes atteintes par des risques naturels en Afrique, 48 % en Océanie, et 35 % dans les Amériques. Et par ailleurs, la sécheresse de 1988 aux Etats-Unis a eu un coût estimé à 40 milliards US \$. L'Australie, troisième exportateur de blé au monde, connaît une sécheresse des plus drastiques appelée Big Dry. Elle a surtout des

effets considérables sur le cours mondial du blé. Rien que pour la période 2006-07, l'Australie a connu un déficit avoisinant les 34 millions de tonnes.

Ainsi, malgré toutes les difficultés, il est fondamental de mettre en place des politiques et des stratégies de gestion de la sécheresse, et de prendre en compte ce phénomène dans les stratégies de développement.

2.2- Vers une stratégie intégrée de gestion de la sécheresse

Comment dès lors appliquer les principes de la gestion intégrée du risque au phénomène si particulier de la sécheresse? Beaucoup d'actions peuvent être menées pour limiter, atténuer ou répondre à ce risque. On distingue les mesures structurelles de celles conjoncturelles.

Les mesures structurelles consistent à réduire la vulnérabilité structurelle au risque sécheresse et sont généralement des actions de préparation à long terme. D'un côté, il s'agit de mettre en place des politiques de gestion de l'eau, des terres et de l'agriculture qui intègrent le risque sécheresse et la variabilité climatique au sens large. Lutter contre le gaspillage des ressources en eau, augmenter les capacités de stockage de ces ressources, mieux connaître et définir le rôle et la place stratégique des eaux souterraines, financer des infrastructures adéquates, utiliser des semences adaptées aux conditions de sécheresse dans les zones vulnérables en utilisant les résultats de la recherche agronomique... sont autant de pistes qui peuvent aider à définir de telles politiques de gestion des ressources naturelles. D'autre part, certaines actions structurelles peuvent viser directement à augmenter la résilience des sociétés humaines au risque sécheresse par la limitation de leur vulnérabilité. L'information, la communication et le renforcement des capacités des populations sont essentiels pour limiter cette vulnérabilité structurelle. En effet, les populations doivent être impliquées dès la conception des stratégies et politiques de gestion des ressources naturelles, afin qu'elles se les approprient. C'est aussi à travers la mise en place de mécanismes financiers adaptés au risque sécheresse qu'il faut agir : des assurances spécifiques peuvent être développées comme par exemple la micro-assurance, des fonds de solidarité peuvent être créés aux niveaux régional, national ou international. Enfin, la diversification économique des territoires et des populations peut significativement augmenter la résilience des sociétés à la sécheresse, notamment dans les régions où le secteur agricole constitue l'activité majoritaire. Il apparaît ainsi que toutes ces mesures sont de longue haleine et font partie de la phase de préparation du cycle de gestion du risque, mais elles ne visent pas uniquement à lutter contre les sécheresses. Elles visent aussi à mieux gérer les ressources naturelles ainsi qu'à favoriser le développement socio-économique. Plus généralement, dans les zones où les sécheresses se manifestent régulièrement, c'est l'ensemble des plans et des

stratégies de développement qui doivent prendre en compte et intégrer le risque sécheresse.

Les mesures conjoncturelles pour faire face au risque sécheresse sont d'un autre ordre car elles sont spécifiques à la sécheresse et doivent être mises en œuvre lorsque celle-ci se manifeste ou est sur le point de se manifester. Il existe en effet plusieurs temps dans l'action : une préparation conjoncturelle dès lors qu'une sécheresse est prévue puis la phase de réponse à partir du moment où les effets de la sécheresse se manifestent. En ce qui concerne la préparation, il peut s'agir de limiter les consommations d'eau dans le secteur agricole, ou pour les usages domestiques fortement consommateurs (jardins, piscines, golfs...), de prévoir et de constituer des stocks de nourriture et d'eau, ainsi que les moyens de leur distribution auprès des populations et des cheptels. Quant à la phase de réponse, elle consiste à porter secours aux populations, à activer les plans de secours, à distribuer nourriture et eau potable, à préserver les cheptels, à assurer la sauvegarde des cultures, à activer les mécanismes financiers d'assurance et de solidarité, à gérer les mouvements de populations. Autant la mise en œuvre des mesures structurelles sont partie intégrante des politiques classiques de développement socio-économique et de gestion des ressources naturelles, autant les mesures conjoncturelles, essentiellement réactives, nécessitent la mise en place d'instruments, outils, politiques et stratégies spécifiques dédiés à la lutte contre la sécheresse. La préparation de plans d'action demande une gestion proactive et une analyse de la vulnérabilité au risque sécheresse. Elle demande aussi de prévoir les moyens adaptés, de mettre en place les mécanismes institutionnels, de prévoir les législations d'urgence ainsi que les mécanismes financiers, d'informer les populations et de les impliquer.

Un outil essentiel permet d'activer ces plans : l'alerte précoce à la sécheresse permet de prévoir les probabilités de manifestation des sécheresses et de suivre et de préciser l'extension spatiale et temporelle du risque. Elle constitue l'élément stratégique clé qui permet de passer d'une gestion uniquement réactive du phénomène à une gestion proactive, en activant la préparation à son approche. Les premières mesures conjoncturelles préparatoires sont ainsi lancées grâce à cet outil.

Dans le cycle de gestion des risques précédemment évoqué, la phase de réponse n'a plus forcément son instantanéité et la phase de réhabilitation engage peu de reconstructions. En revanche, la phase de préparation garde toute son importance. Elle devient même cruciale et c'est sur elle que doivent se focaliser les efforts. Elle comprend l'ensemble des mesures structurelles pour faire face au risque sécheresse dans un premier temps, la constitution des outils, des instruments

et des méthodologies qui seront concrètement mis en œuvre lors de l'apparition de ce phénomène, et notamment de l'alerte, ainsi que des mesures préparatoires conjoncturelles faisant suite au déclenchement de cette alerte précoce en prévision de la manifestation concrète du risque sécheresse. L'alerte constitue ainsi un élément fondamental de gestion du risque, et même un élément-clé et stratégique. En effet, sa constitution impose de réfléchir largement à ce fléau, d'impliquer l'ensemble des parties prenantes et constitue dès lors un processus holistique idéal pour mettre en place une stratégie intégrée de gestion de la sécheresse.

●●● L'ALERTE PRÉCOCE A LA SÉCHERESSE : UN OUTIL STRATÉGIQUE SE MET EN PLACE AU MAGHREB

1- Définitions et principes d'un système d'alerte précoce à la sécheresse (SAPS)

1.1- Qu'est-ce qu'un système d'alerte précoce à la sécheresse ?

C'est un système de collecte, d'analyse et de synthèse de données sur les paramètres et indicateurs climatiques et agro-économiques dans l'objectif de donner un avis, en temps opportun, sur la menace de périodes de sécheresse et donc de stimuler les réponses appropriées. Il doit donc fournir des informations, au moment propice, sur le début et la fin de la sécheresse, sa durée, son extension spatiale et son moment d'occurrence, et ce pour l'élaboration de plans et de mesures d'urgence permettant de faire face à la crise. C'est un outil basé sur des indicateurs, qui aide à la prise de décision pour gérer le risque de la sécheresse à un stade précoce.

Caractéristiques du Système d'alerte précoce à la sécheresse

Un système d'alerte à la sécheresse est idéalement basé sur les aspects suivants :

- l'information météorologique ;
- l'information agronomique ;
- les estimations de production ;
- les prix des produits alimentaires ;
- la disponibilité des ressources en eau ;
- la vulnérabilité.

D'une manière spécifique, un système d'alerte précoce à la sécheresse doit pouvoir fournir des informations sur :

- l'extension spatiale du phénomène ;
- sa durée ;
- le temps mis en relation avec le calendrier des récoltes ;
- la sévérité de la sécheresse ;
- les mesures de prévention et d'atténuation des effets de la sécheresse.

1.2- De nombreux systèmes d'alerte précoce de par le monde

Les préoccupations liées à la sécheresse touchent l'ensemble de la planète et les effets de la sécheresse sont de plus en plus marqués. Dès lors, de nombreux pays ont mis en place des stratégies appropriées et développé des systèmes d'alerte précoce à la sécheresse sur lesquels sont basées ces stratégies.

Aux Etats-Unis, par exemple, les importantes sécheresses des dix dernières années – certaines régions du pays ont connu cinq à sept années de sécheresses consécutives – ont convaincu les autorités de l'insuffisance des efforts de suivi des phénomènes de sécheresse et de la nécessité de mettre en place un outil approprié au niveau national utilisant toutes les technologies disponibles. Créé en 1999, le Système américain de suivi de la sécheresse (US Drought Monitor Centre, <http://www.drought.unl.edu>) produit et diffuse depuis une synthèse cartographique du risque sécheresse via Internet, avec une périodicité hebdomadaire. Cinq catégories de sévérité du risque sécheresse y sont représentées, ainsi que le type de la sécheresse (Figure 4). Basé sur une série d'indicateurs climatiques, hydrologiques et agronomiques, mesurés grâce à des réseaux de mesures au sol ou par des systèmes de télédétection, les cartes préliminaires sont disséminées auprès des experts de tout le pays pour des vérifications de terrain et affinage. Cet outil simple, clair et précis est désormais largement utilisé aux Etats-Unis par les gestionnaires des ressources naturelles, agriculteurs, agences d'assurance... Des cartes plus détaillées par États sont aussi disponibles, ainsi qu'au niveau régional nord-américain grâce à un partenariat avec le Canada et le Mexique.

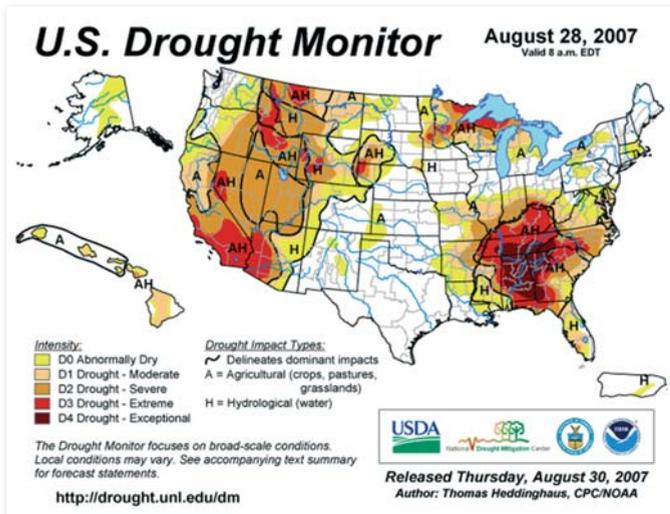


Figure 4 : bulletin de suivi de la sécheresse aux Etats-Unis

En Afrique de l'Ouest, et suite aux grandes sécheresses qui ont sévi au Sahel dans les années 70, le Comité permanent Inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) et ses institutions spécialisées (Institut du Sahel et Agrhymet) ont été créés pour s'investir dans la recherche de la sécurité alimentaire et dans la lutte contre les effets de la sécheresse et de la désertification, pour un nouvel équilibre écologique au Sahel. Des institutions spécialisées du CILSS ont été créées par la suite.

En Chine, en Australie, au Portugal ou en Afrique de l'Est, des systèmes performants d'alerte précoce ont été développés (OMM, 2006). Le Centre climatologique de Pékin fournit aux organismes publics et au grand public des renseignements précis sur la sécheresse en utilisant un indice de prévision et de suivi. Il produit notamment un bulletin de suivi régulier de la sécheresse, une séance d'information diffusée à la télévision chaque semaine, ainsi que des cartes quotidiennes de suivi. En Afrique de l'Est, l'Organisation météorologique mondiale ont développé avec le PNUD un centre régional de suivi de la sécheresse qui est devenu en 2003 une institution de l'Autorité intergouvernementale pour le développement en Afrique de l'Est (IGAD). Ce centre produit et diffuse de nombreux produits pour l'alerte précoce à la sécheresse, qui vont des bulletins décennaires, mensuels et saisonniers, à des cartes de prévision des risques de pénurie alimentaire. Il existe en Afrique de l'Ouest des systèmes d'alerte précoce qui méritent d'être évoqués (Tableau 2), la plupart d'entre eux étant orientés vers la sécurité alimentaire. En Afrique australe, région sujette aux sécheresses et aux inondations, et dans les pays côtiers et insulaires touchés par les cyclones tropicaux, des progrès considérables ont été réalisés pour

prévoir les catastrophes et en atténuer les effets. Le réseau d'Afrique australe d'information sur les inondations et la sécheresse fournit des alertes climatiques aux membres de la Communauté pour le développement de l'Afrique australe (SADC). Et au niveau national africain, de nombreux systèmes d'alerte précoce à la sécheresse ont aussi été développés. Considérée comme un brillant exemple, la Tanzanie recourt à un système de cahiers villageois pour collecter l'information sur la production agricole. Au Mali, l'expérience avec les acteurs de développement et les services météorologiques a été développée et des résultats très intéressants ont été obtenus. Au Cap-Vert, des projets appuient un suivi régional de l'insécurité alimentaire afin de produire une image plus précise permettant d'identifier les zones à risque. Il existe aussi de nombreux modèles intéressants, qui utilisent les prévisions pour aider les petits agriculteurs dans des contextes locaux. En Ouganda, par exemple, un projet développe des programmes radio dans plusieurs langues du pays, pour fournir aux producteurs des informations climatiques utiles aux systèmes agricoles.

Nom	Zone d'action	Objectifs	Acteurs
Famine Early Warning System Network	Pays du Sahel	Fournir des informations d'alerte précoce au gouvernement US, pour réduire l'incidence de la famine	USAID
Système mondial d'information et d'alerte rapide	Monde entier + focus sur les pays du Sahel	Fournir des informations sur l'éminence des crises alimentaires aux décideurs et organismes d'aide	FAO
Vulnerability Analysis and Mapping	Afrique de l'Ouest, actif au Sénégal, Tchad et Burkina Faso	Fournir au Programme Alimentaire Mondial des informations fiables sur la nature de l'insécurité alimentaire et sur la vulnérabilité des populations	PAM
Système d'information et de cartographie sur l'insécurité alimentaire et la vulnérabilité	Afrique de l'Ouest	Faciliter les initiatives nationales et internationales en matière de gestion d'information pour une meilleure politique de sécurité alimentaire	FAO
Alerte précoce et prévision des productions agricoles	Pays membres du CILSS	Développement des méthodologies et des procédures d'analyse pour l'optimisation de l'information disponible	AGHRY-MET
Harmonisation of climate prediction for mitigation of global change impact in sudano-sahelian West Africa	Mali	Contribuer à harmoniser les efforts pour réduire l'insécurité alimentaire par l'application des prévisions climatiques saisonnières	UE

Tableau 2 : principaux systèmes d'alerte précoce en Afrique

1.3- Un système en trois étapes

La brève présentation des exemples dans le monde nous fait comprendre que les SAPS peuvent prendre des formes variées, viser différents objectifs, et faire intervenir des acteurs multiples. Cependant, tous les SAPS se caractérisent par une approche en trois étapes clés (Figure 5) : (1) la mesure et la collecte des données, (2) leur gestion, leur traitement et la production de l'information, et finalement (3) la communication et la dissémination des informations produites.

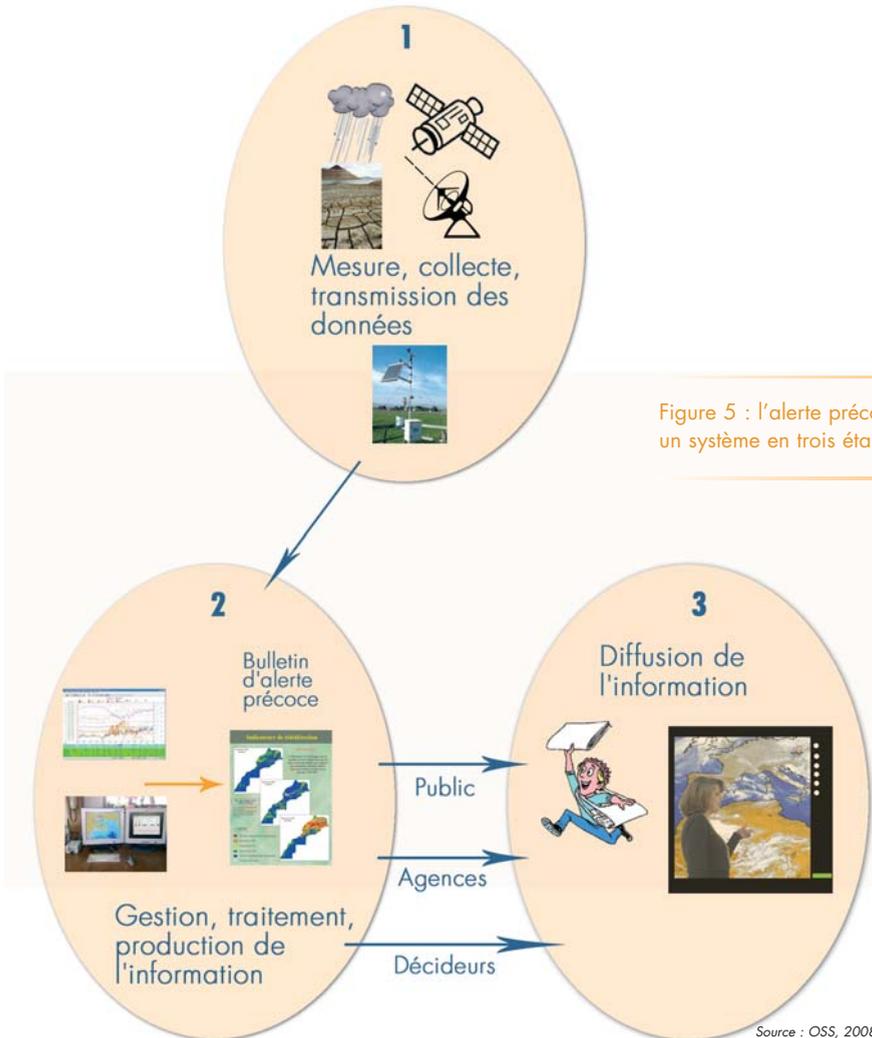


Figure 5 : l'alerte précoce : un système en trois étapes

Source : OSS, 2008

1.3.1- La mesure et la collecte des données

La collecte des données et des informations constitue l'étape préliminaire d'un SAPS. Les indicateurs traditionnellement utilisés sont basés sur les données météorologiques, biophysiques, hydrologiques et socio-économiques.

Les données météorologiques et climatiques sont notamment celles relatives à la pression et à la circulation atmosphérique aux précipitations, à la température, à l'évaporation et au vent. Elles doivent pouvoir être suivies et mesurées régulièrement sur le territoire considéré. Certaines données issues de mesures et d'observations météorologiques dans un cadre plus large sont aussi nécessaires pour la prévision de la sécheresse : la température des eaux de surface, des mers et des océans, l'évolution des phénomènes climatiques épisodiques et lointains tels El Ninõ ont souvent une incidence importante sur les sécheresses et doivent eux aussi être suivis.

Les données biophysiques se rapportent essentiellement à l'albédo, à l'humidité du sol, à la température de la surface de la terre, à l'évapotranspiration, à l'indice de végétation, à l'indice foliaire... Et les données hydrologiques concernent les débits des fleuves et des rivières, le niveau d'eau dans les barrages, ainsi que le niveau des nappes d'eau souterraine. Enfin, les données socio-économiques font référence aux variables telles que les prix du bétail, du fourrage, ou des productions agricoles, qui sont la plupart du temps orientés à la hausse lors des périodes de sécheresse, et peuvent ainsi refléter la sévérité du phénomène.

La mesure de ces données nécessite avant tout l'existence de réseaux de stations météorologiques, hydrologiques et hydrogéologiques suffisamment denses et bien répartis sur le territoire, le long des cours d'eau et sur les principaux aquifères. La maintenance, l'entretien et l'amélioration de ces réseaux sont essentiels pour assurer la disponibilité de données de qualité, et de façon régulière. Les satellites constituent par ailleurs des outils précieux pour compléter ces données et en mesurer d'autres. Ils sont même devenus indispensables dans le domaine de la prévision météorologique et des études climatiques. Les satellites METEOSAT dont les images sont reçues à raison d'une réception toutes les demi-heures sont des satellites géostationnaires. Ils fournissent des informations qui permettent de suivre l'évolution météorologique sur une grande aire et de manière quasi-continue. Depuis quelques années, une nouvelle génération de satellites METEOSAT est lancée (MSG). Elle fournit des images qui permettent la prévision des précipitations avec une plus grande précision. Les satellites NOAA/AVHRR (à orbite polaire disposant d'un radiomètre à haute résolution - 1 km) permettent, entre autres, une définition fine des formations nuageuses et la répartition de la température de surface. Les satellites d'observation de la Terre constituent une source

précieuse pour la mesure des données biophysiques. Par exemple, l'indice de végétation (NDVI), produit par ces satellites, est fortement corrélé avec la production végétale durant leurs stades ou périodes critiques de développement, du fait que l'état des plantes durant ces périodes donne une idée sur le rendement final. L'impact de la sécheresse sur la production agricole peut ainsi être estimé longtemps avant la récolte. Pour autant, il est important de souligner que les réseaux physiques sur le terrain ne peuvent être remplacés par les satellites. En ce qui concerne les données socio-économiques, il s'agit aussi de disposer de données statistiques mises à jour régulièrement.



Figure 6 : station météorologique terrestre, satellite MeteoSat

Enfin, la collecte et la transmission des données doivent être régulières pour que le SAPS soit efficace. L'utilisation des moyens modernes de communication tels que la télétransmission, ou l'utilisation d'Internet permet une diffusion en temps réel des données mesurées, encore faut-il que les stations de mesure ou les administrations locales pour les données socio-économiques en soient équipées. Par ailleurs, des mécanismes spécifiques d'échange de l'information doivent souvent être mis en place spécifiquement pour l'alerte à la sécheresse, car les échanges de données entre les organismes publics et les institutions de recherche sont souvent insuffisants et peuvent parfois être source de blocage.

1.3.2- Traitement des données et production de l'information

La deuxième étape dans la démarche d'un SAPS consiste à produire les informations sur l'alerte et les renseignements nécessaires à la gestion de la crise à partir des données mesurées. Il s'agit donc de traiter ces données afin d'en obtenir des informations pertinentes, lisibles, et adaptées aux utilisateurs. Elles doivent mettre en évidence l'état du risque sécheresse ainsi que ses perspectives d'évolution, et ce, de façon spatialisée. L'idée générale est de produire les indicateurs spatialisés qui auront été définis au préalable lors de la définition du SAPS, de façon à être

adaptés à la fois aux systèmes de mesures disponibles, aux caractéristiques des sécheresses dans la zone d'action, aux objectifs de l'alerte, ainsi qu'aux différents utilisateurs. En effet, une alerte destinée principalement à prévoir l'insécurité alimentaire n'utilisera pas les mêmes indicateurs que lorsque l'objectif visé est la gestion de l'irrigation.

Cette phase d'analyse est donc cruciale, et doit bénéficier de l'ensemble des instruments et outils disponibles, tels que l'analyse statistique, la télédétection, la modélisation climatologique ou hydrologique, ou les systèmes d'information géographique (SIG)... Elle nécessite de ce fait des moyens de traitement de l'information ainsi que des capacités scientifiques et techniques pluridisciplinaires très conséquents. Enfin, cette phase permet aussi d'améliorer le système d'alerte en permanence. La caractérisation des sécheresses successives qu'elle analyse, ainsi que la mesure de leurs impacts permet d'affiner les indicateurs, de mieux connaître le risque sécheresse, de mieux le prévoir, et d'anticiper de plus en plus tôt le phénomène en capitalisant sur sa connaissance.

Pour mener à bien cette étape clé, les responsabilités des institutions doivent être clairement établies. En effet, la complexité des différents processus physiques et socio-économiques en jeu peut nécessiter que différents acteurs, par exemple, les centres nationaux de télédétection, les institutions en charge de la météorologie, les directions de l'eau, les universités, les ONG, les services de l'État, etc. Les responsabilités et les rôles de chacun, de même que la coordination et l'échange des informations produites constituent ainsi des enjeux cruciaux pour l'établissement et le fonctionnement pérenne d'un système d'alerte performant.

1.3.3- La communication des informations produites

L'alerte précoce n'a pas de sens si elle n'est pas suivie par l'action, par la réponse à cette alerte. Cette réponse peut et doit être multiforme (voir 2.2.2.), et donc faire intervenir une multiplicité d'acteurs, des services d'élevage aux agriculteurs en passant par les gestionnaires de barrages, les organisations humanitaires, ou les particuliers au sens large. Dès lors, la communication des informations produites par le système d'alerte précoce doit trouver un format adapté à ces différents utilisateurs, de façon non seulement à répondre à leurs besoins spécifiques d'informations, mais aussi à pouvoir les atteindre. La diffusion via l'Internet du SAPS américain n'est pas forcément adaptée pour les pays ou régions où l'utilisation de cette technologie n'est pas aussi largement répandue.

Décideurs	Agences	Publics
Donnent les moyens et directives aux agences et prennent des décisions politiques	Mettent en œuvre les plans d'action et de lutte contre les effets de la sécheresse	Modifient leurs activités et usages de l'eau
Etat Départements Municipalités	Gestionnaire de l'eau Responsable des services de secours Ministère de l'Agriculture Agences humanitaires ONGs	Agriculteurs Éleveurs Forestier Industries Tourisme Particuliers

Tableau 3 : différents destinataires de l'alerte pour mener différentes actions

En ce qui concerne le format, la question de l'échelle est essentielle : un agriculteur souhaitera des informations sur sa parcelle, un éleveur sur les parcours, un gestionnaire de la ressource en eau sur le bassin versant, tandis que les pouvoirs publics souhaiteront une vue d'ensemble du phénomène à l'échelle de leur circonscription administrative (locale, nationale, sous-régionale), et les scientifiques souhaiteront une description précise du phénomène. Des produits avec différents niveaux de zoom et de précision peuvent ainsi être conçus afin de s'adapter aux différents utilisateurs.

Quant aux moyens de diffusion, tous les canaux disponibles peuvent être utilisés selon la finalité : Internet, bulletins papier, journaux, radio, télévision, sms. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication peuvent jouer un rôle crucial à ce niveau, et multiplier la fluidité de la circulation de l'information, si tant est que ces moyens de communication soient effectivement disponibles et utilisés. Ici aussi, le media doit être pensé en adéquation avec les publics ou utilisateurs cibles. On comprend bien que les formats et les moyens de diffusion sont en fait intrinsèquement liés : les formats doivent non seulement être adaptés à ces moyens, et réciproquement, mais en plus, les utilisateurs cibles disposant de moyens d'accès à l'information spécifiques, le format qui leur est adressé doit pouvoir les atteindre avec ces moyens-là.

2- Construire un système d'alerte précoce à la sécheresse : une méthodologie

Les principes d'un système d'alerte précoce à la sécheresse étant posés, il est temps maintenant de se demander comment définir et mettre en place un SAPS. La constitution d'un tel outil qui requiert à la fois des compétences scientifiques et techniques

pointus, une large participation de différents intervenants ou affectés par le risque sécheresse, ainsi que la construction d'un mécanisme de coopération d'échange et de diffusion de l'information réactif demande une méthodologie appropriée, qui peut se dérouler en trois étapes : le diagnostic de l'existant, le choix et la construction des outils et méthodes scientifiques et techniques pour le suivi du risque sécheresse, et enfin la définition des rôles et la structuration des intervenants dans le système.

2.1. Diagnostic de l'existant

Il existe dans tous les pays des services météorologiques, des réseaux de mesures, des administrations en charge de l'eau ou de l'agriculture. Ils sont plus ou moins développés, disposent de capacités variables, utilisent des technologies traditionnelles ou des plus modernes. Lors de l'établissement d'un SAPS, les institutions et acteurs qui opèrent dans tous ces domaines doivent être impliqués dans le processus dès le début. En effet, ils disposent souvent des compétences, des données et d'une expérience qui sont indispensables pour le SAPS. Par ailleurs, certains disposent parfois des prémices d'un SAPS, tels des capacités de prévision météorologique, des centres de télédétection, etc. C'est pourquoi un diagnostic exhaustif de l'existant est une étape préliminaire importante pour la constitution d'un SAPS. Ainsi, il s'agira ici d'inventorier tous les acteurs disposant ou produisant des informations météorologiques, données agronomiques, estimations de production agricole, prix des produits alimentaires et du bétail, et informations sur la disponibilité des ressources en eau, ou la vulnérabilité des milieux et des Hommes. Ce processus répondra dès lors à deux objectifs :

- l'évaluation des acquis sur lesquels le SAPS pourra se baser ;
- la mobilisation de toutes les parties prenantes du SAPS.

2.2- Définition des outils de suivi de la sécheresse

Cette étape consiste à définir aux niveaux scientifique et technique les outils qui permettront la prévision, le suivi et l'alerte précoce à la sécheresse. Il s'agit ici de caractériser le phénomène de sécheresse dans la zone donnée, de définir les outils de prévision et les indicateurs qui permettront son suivi, ainsi que ceux qui seront communiqués à travers le SAPS.

2.2.1- La prévision de la sécheresse

La sécheresse est un phénomène climatique très complexe et difficile à prévoir au niveau météorologique. Dans certaines régions du monde, en particulier dans les zones tropicales, les corrélations existantes entre les précipitations et le phéno-

mène El Niño¹ sont exploitées dans la prévision de la sécheresse, et donc dans l'alerte précoce. C'est le cas en Afrique du Sud et en Australie par exemple. La compréhension de ces liens peut fournir des éléments pour prévoir les sécheresses, notamment via l'utilisation de modèles climatiques.

De façon générale, l'approche dynamique consiste à modéliser le système climatique afin d'effectuer des prévisions saisonnières à moyen terme. Pour cela, on utilise des modèles de circulation générale, qui représentent le système climatique mondial dans son ensemble, et qui sont généralement couplés avec des modèles océan-atmosphère retraçant les évolutions des courants et températures marines et leur lien avec l'atmosphère. De tels modèles, tel Arpège de Météo-France, existent, mais leurs prévisions sont à caractère global. Leur exploitation au niveau régional nécessite d'adapter les échelles et d'effectuer un zoom géographique sur la région considérée. La projection des résultats globaux à l'échelle régionale nécessite la prise en compte de nombreux facteurs locaux (relief, orographie, degré de continentalité...), et est une opération relativement complexe qui utilise de nombreuses séries de données avant d'aboutir à un calage adapté.

L'ACMAD élabore un Bulletin (bimestriel) de veille climatique continental à l'usage des différents utilisateurs des données climatiques. Ce bulletin couvre les différentes sous-régions africaines. Elle organise, par ailleurs, des ateliers de formation, d'élaboration et de diffusion des prévisions climatiques saisonnières en Afrique (PRESA-AF). Depuis 1998, des ateliers sont organisés sur l'Afrique de l'Ouest, PRESA-AO, sur l'Afrique du Nord, PRESA-NOR, et du Centre, PRESA-AC. Les produits élaborés par ces ateliers aident les acteurs des secteurs « météo-sensibles » (agriculture, gestion des ressources en eau, santé...) à réduire et à gérer les impacts de la variabilité climatique.

Depuis 2003, l'ACMAD, en collaboration avec d'autres institutions spécialisées, procède à la simulation des scénarios de changements climatiques, nécessaires à l'évaluation des impacts socio-économiques de la variabilité et des variations du climat sur l'Afrique.

De Pauw explique que faute de disponibilité d'outil fiable de prévision à long terme du climat dans les régions telles que l'Afrique du Nord ou l'Asie de l'Ouest par exemple, la méthode de prévision la plus adaptée est l'approche statistique. Cette approche consiste à prévoir les conditions climatiques du reste de la saison en cours en se basant sur des relations statistiques empiriques entre les événements météorologiques en début et en fin de la saison. Afin de saisir ces corrélations entre différentes saisons, des analyses statistiques poussées sur les séries de pluie

¹ ENSO ou El Niño Southern Oscillation...

à différentes saisons doivent être analysées, en faisant varier à la fois les périodes temporelles à comparer, ainsi que les zones géographiques étudiées. Une telle approche nécessite de travailler sur de longues séries de données, et plusieurs épisodes de sécheresses.

Ainsi, il existe des méthodes et des outils de prévision des sécheresses au niveau météorologique, mais ils restent très incomplets, et pas forcément efficaces dans toutes les régions du monde. Dès lors, un système d'alerte précoce efficace ne peut se fonder sur les seuls critères de la prévision météorologique, mais doit se baser sur de nombreux autres indicateurs.

2.2.2- Les indicateurs de suivi de la sécheresse

On a vu que la sécheresse est multiforme : météorologique, hydrologique, agricole, socio-économique. Afin de détecter le phénomène, et de décrire son ampleur, sa durée et sa sévérité, l'ensemble de ses manifestations doit être suivi dans le temps et dans l'espace. Dans chacun de ces champs, plusieurs indicateurs peuvent être utilisés.

Un indicateur est une valeur calculée à partir d'un groupe de paramètres nous informant sur un phénomène ou sur sa condition. Il doit donc être avant tout représentatif du phénomène, celui de la sécheresse en l'occurrence, et peut être vu comme un échelon intermédiaire entre les données et variables de base qui sont directement mesurées (données hydrologiques, météorologiques agronomiques ou socio-économiques), et l'information qui sera communiquée à l'utilisateur final qui, elle, doit rendre compte simplement de la sévérité du phénomène et de ses principaux déterminants.

Dans les années 70, les indicateurs utilisés pour suivre la sécheresse étaient liés soit à la saison météorologique, soit à la croissance culturale. Ensuite, dans les années 80, les apports de la télédétection, ainsi que les aspects nutritionnels ont été intégrés dans les systèmes d'alerte à la sécheresse, notamment pour ceux qui visaient à réduire les risques d'insécurité alimentaire. Et dans les années 90, ce sont les aspects socio-économiques, liés notamment à la vulnérabilité des populations qui ont commencé à être pris en compte. On dispose aujourd'hui d'une multitude de méthodologies pour suivre la sécheresse qui ont développé de nombreux indicateurs. L'encadré ci-dessous en résume les principaux.

INDICATEURS DE SUIVI DE LA SÉCHERESSE

Les indicateurs météorologiques

- *Le rapport à la normale des précipitations (RA)*

Basé sur la pluviométrie, cet indicateur permet de mesurer l'écart de précipitation entre l'année en cours et la normale calculée sur les années précédentes dans une zone donnée. Très simple d'usage, cette méthode ne convient pas dans les cas où la disparité spatio-temporelle des précipitations est trop importante.

- *Les déciles*

En classant les séries de données pluviométriques selon des échelles de probabilité, cet indice² qui est à la fois simple, précis, et permet de classer les sécheresses de façon uniforme, a l'inconvénient de nécessiter de très longues séries de données.

- *L'indice de précipitation standardisé (SPI)*

Cet indicateur est le plus utilisé au niveau international, notamment du fait de sa simplicité. Basé sur des méthodes probabilistes, il distingue 8 classes de sévérité de la sécheresse, et a l'avantage de pouvoir être utilisé à différentes échelles temporelles.

Les indicateurs de la sécheresse agricole

- *L'indice de sévérité de la sécheresse de Palmer*

Cet indice utilise le principe du bilan en eau du sol, et intègre donc, en plus des précipitations, l'évapotranspiration et l'humidité du sol. Très utilisé aux USA, il permet de rendre compte aussi des sécheresses agricoles. Cependant, il est complexe à calculer, et peu adapté pour les régions à forte variabilité climatique.

- *Les données agricoles*

Sans qu'il existe d'indice spécifique, la prise en compte de données telles que la date de semis, la longueur de la saison et sa position dans le calendrier, le bilan hydrique des cultures, la prévision des rendements, l'état sanitaire et phénologique des cultures, l'état des pâturages, et l'état de nutrition et de santé des troupeaux sont des éléments précieux pour le suivi de la sécheresse agricole.

Les indicateurs hydrologiques

- *L'indice d'approvisionnement en eau de surface (SWSI)*

En plus des précipitations, cet indice hydrologique intègre, au niveau du bassin versant, les informations relatives à l'approvisionnement en eau, tel que la neige, les écoulements de surface, les précipitations et le stockage en eau des retenues.

² Gibbs et Maher (1967)

Simple d'utilisation et complet, il a cependant une spécificité très forte selon le bassin versant considéré et permet difficilement les comparaisons entre différents bassins.

- *L'indice du niveau d'eau standardisé (SWI)*

Il mesure spécifiquement la sécheresse hydrogéologique, et renseigne sur la situation des nappes phréatiques.

Les indicateurs de végétation par télédétection

- **NDVI** : Indice de végétation par la différence normalisée. Il traduit la réaction de la végétation à la pluie et la température de surface reflète les fluctuations climatiques saisonnières ;
- **VCI** : indice caractérisant les conditions d'humidité de la végétation ;
- **TCI** : indice tenant compte des conditions de la température.

Tous ces indicateurs permettent de rendre compte des différents phénomènes de la sécheresse. La détection et le suivi, enjeux-clés de l'alerte précoce, ne peuvent se baser sur un seul indicateur, aucun n'étant à lui seul assez complet ni approprié pour mesurer les interrelations complexes entre l'eau, le climat, l'agriculture, et la société. Il s'agit donc de se baser sur plusieurs indicateurs pour s'assurer de la fiabilité de l'information, à travers le croisement de sources, en vue de déclencher l'alerte et de gérer a posteriori la sécheresse. Les critères de choix de ces indicateurs sont essentiels et fondamentaux pour aboutir à un système efficace.

2.2.3- Zonage, choix et calibration des indicateurs

Le premier critère de choix des indicateurs concerne leur adéquation aux caractéristiques des sécheresses dans la zone d'action considérée. La caractérisation du territoire représente ainsi une première étape essentielle pour choisir les indicateurs. Il est à cet effet nécessaire de réaliser un zonage, c'est-à-dire un découpage territorial permettant de suivre et de recueillir les informations sur les risques et l'évolution de la sécheresse, d'illustrer la vulnérabilité conjoncturelle à celle-ci, de diffuser les messages d'alerte et les informations sur le risque de la sécheresse et son évolution. Le zonage permet notamment de réduire la variance sur les variables mesurées. La réalisation d'un tel découpage, au-delà de son rôle-clé pour construire le système d'alerte précoce à la sécheresse, permet d'évaluer aussi la vulnérabilité structurelle à la sécheresse des différentes régions, et donc de définir des mesures et des actions structurelles de lutte contre la sécheresse. Tel est aussi l'intérêt de la construction d'un SAPS, qui constitue un processus holistique d'analyse et de lutte contre le risque sécheresse.

Alerte précoce à la sécheresse, vulnérabilité structurelle et vulnérabilité conjoncturelle : quelques précisions

Le rôle d'un SAPS est d'alerter de l'occurrence d'une période de sécheresse, de la suivre sur sa durée et d'en estimer l'intensité. L'alerte s'adresse donc à la vulnérabilité à un épisode de sécheresse particulier donc à la vulnérabilité conjoncturelle, en vue de proposer des mesures d'atténuation de ses effets avant et pendant la période de sécheresse.

Cependant, la construction d'un SAPS, avec la multiplicité d'indicateurs à mesurer et à analyser, et grâce au zonage à effectuer, permet d'avoir une vue globale du risque sécheresse dans la zone considérée, et donc de diagnostiquer précisément la vulnérabilité structurelle à la sécheresse. Cela permet ainsi de définir des mesures structurelles sur le plus long terme afin d'atténuer cette vulnérabilité. En outre, le SAPS permettra par la suite aussi de suivre l'impact de ces mesures d'atténuation structurelle, à travers l'analyse de l'évolution de la vulnérabilité structurelle avant et après la mise en œuvre des mesures structurelles.

Le zonage doit se baser sur un système d'information géographique dynamique, pour aboutir à « une carte de risque à la sécheresse » pour chaque sécheresse anticipée ou entamée. Il va sans dire que le risque ne se reproduit pas de la même manière, dans la même région, pour toutes les sécheresses. Un zonage à vocation de SAPS doit prendre en considération deux types d'informations naturelles et socio-économiques, et donc prendre en compte à la fois les unités naturelles et les subdivisions administratives où sont collectées les données socio-économiques. Combiner et superposer ces deux types de structures permet une représentation spatiale plus pratique des indicateurs de la sécheresse, mais aussi une rediffusion de l'information plus souple lors de l'alerte à l'échelle de chaque unité spatiale, aux différentes échelles. Afin d'éviter de trop agréger les données aux différentes échelles et de tenir compte des nuances locales et méso-régionales, le zonage doit proposer une double hiérarchie, administrative (région, gouvernement ou wilaya communes...) et bioclimatique qui s'échelonne des grandes régions bioclimatiques aux indices topo-bioclimatiques plus fins.

Concrètement, un premier zonage peut se construire à partir des données telles que :

- la physiographie et l'importance de la couverture végétale naturelle ;
- le système de production agricole et pastorale ;
- la démographie (densité de population, taux de population agricole, taux de la population pastorale nomade) ;
- la disponibilité des ressources en eau.

Puis, à partir de ce zonage socio-économique et environnemental initial, on peut superposer certains indicateurs agro-météorologiques historiques pour obtenir un zonage de la vulnérabilité agro-météorologique structurelle à la sécheresse, en utilisant des indicateurs calculés à partir des informations de terrain suivantes :

- séries historiques des données météorologiques ;
- dates de semis et pluie de semis ;
- variabilité et longueur de la saison agricole ;
- variabilité de la production agricole ;
- degré de dégât dû aux parasites des cultures ;
- variabilité interannuelle des indices de végétation et vitesse de déclin de la biomasse ;
- quantification des rendements.

Dès lors, le zonage peut aboutir à caractériser le territoire en fonction des différents types et degrés de fragilité face à la sécheresse.

Les indicateurs de suivi de la sécheresse pour le SAPS seront ensuite définis en fonction de ce découpage spatial. Les autres critères de choix à prendre en compte par la suite concernent la disponibilité des systèmes de mesure pour chaque zone considérée, les caractéristiques propres des sécheresses dans ces mêmes zones, ainsi que les objectifs de l'alerte précoce et le besoin en information des utilisateurs finaux de l'alerte précoce. La simplicité de mesure, de calcul et d'usage est un dernier critère souvent déterminant.

Une fois choisis en fonction du zonage et des autres critères, les indices de suivi doivent être testés et calibrés aux différentes intensités de sécheresses. Dans ce cas, la méthode est souvent basée sur la corrélation entre ces indicateurs et les impacts des sécheresses historiques. Cette calibration doit permettre de définir des seuils, qui représenteront les différents niveaux d'intensité du phénomène. Le choix du seuil, qui doit être sélectionné pour chaque indicateur, est très important parce qu'il nous informe sur la mesure de la gravité de la situation. Ces seuils peuvent par ailleurs servir à définir des indicateurs déclencheurs, qui regroupent souvent plusieurs autres indicateurs et permettent d'apprécier le niveau de la sécheresse et de déterminer les actions de gestion du risque. Enfin, pour chaque indicateur, il s'agira aussi de déterminer la périodicité de sa mesure, ainsi que l'échelle spatiale à laquelle il s'attache. Une fois toutes ces étapes menées, toutes les bases scientifiques et techniques de l'alerte précoce sont posées, il ne reste plus qu'à définir le format final de l'information, et le rôle et la structure nécessaires pour produire cette information.

Les grands principes ainsi que les étapes-clés de la construction d'un SAPS ayant ainsi été posés, leur application à la mise en place d'un SAPS au Maghreb va permettre de les illustrer concrètement dans une région confrontée au risque sécheresse.

●●● MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

1- Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse (SMAS) —

1.1- Contexte : le projet SMAS

Depuis plusieurs années, l'Afrique du Nord est confrontée à un déficit pluviométrique récurrent mettant en péril la production céréalière et confrontant les éleveurs à des pénuries d'eau et de fourrage. Ces conditions de sécheresse conduisent ainsi à la dégradation des conditions de vie des populations locales et de l'environnement. Devenue structurelle, la sécheresse requiert une prise en compte accrue dans les stratégies de développement des pays concernés. Car même si les pays maghrébins ont réalisé des avancées importantes dans ce domaine, telles que l'élaboration régulière par les services de météorologie nationale de différents outils et bulletins de prévisions climatiques, il n'existe pas encore de systèmes d'alerte précoce à la sécheresse fonctionnels à cause du manque de moyens et d'informations nécessaires au bon fonctionnement de ce type de système. Les ministres de l'Agriculture des pays de l'Union du Maghreb Arabe l'ont marqué parmi les priorités de leur agenda et ont demandé au Secrétariat général de l'UMA d'étudier les modalités de mise en place d'un observatoire maghrébin de la sécheresse.

L'OSS a réalisé des études sur la prise en compte de la sécheresse dans les programmes d'action nationaux de lutte contre la désertification au niveau de trois pays de l'UMA (Algérie, Maroc et Tunisie), qui ont conduit, lors d'un atelier de travail organisé à Tunis en mars 2004, à étudier la faisabilité d'un réseau d'observatoires de la sécheresse. Parallèlement, le projet LIFE-Pays Tiers « Suivi de la désertification dans les pays de la rive Sud de la Méditerranée : mise en place

d'un système pilote au Maroc et en Tunisie. Etude de l'extension à l'Algérie », dont l'OSS était coordinateur, a été un cadre propice à la production d'indicateurs macro-géographiques et méso-géographiques de suivi de la désertification à partir des données d'observation de la terre de basse et haute résolutions aux niveaux nationaux du Maroc et de la Tunisie.

Dès lors est née l'idée de mettre en place dans ce cadre un système d'alerte précoce au niveau de ces trois pays du Maghreb, et de profiter des synergies et de l'émulation inhérentes au travail en commun au niveau régional. En ligne avec la Stratégie 2010 de l'OSS, dont la mise en place de systèmes d'alerte précoce environnementaux constitue l'un des objectifs, le projet « Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse (SMAS) » est coordonné par l'OSS, et mis en œuvre en Algérie, au Maroc et en Tunisie par des équipes pluridisciplinaires, constituées d'institutions de météorologie, de recherche, de l'agriculture et de la télédétection. Le projet est financé par la Commission européenne dans le cadre de son programme LIFE-Pays Tiers. Sa période s'étale de mars 2006 à mars 2009.

1.2- Objectifs du SMAS

L'objectif principal du projet SMAS est de prévenir la dégradation de l'environnement causée par la sécheresse grâce à l'amélioration du diagnostic de crise et au développement de stratégies d'adaptation en vue de réduire son impact, par l'utilisation d'un système d'alerte précoce permettant le suivi régulier des changements environnementaux en Tunisie, en Algérie et au Maroc.

Cette alerte se focalise sur la production et la diffusion d'indicateurs de vulnérabilité des ressources naturelles en regard des pressions climatiques et anthropiques auxquelles elles sont soumises. L'élaboration des indicateurs doit utiliser toutes les approches disponibles, des images satellitales aux compilations des données météorologiques, climatiques, biophysiques et socio-économiques. Les indicateurs d'alerte précoce de la sécheresse alimenteront aussi les systèmes de circulation de l'information des programmes d'action nationaux et sous-régionaux de lutte contre la désertification, établis conformément aux principes de la Convention des Nations unies de lutte contre la désertification.

L'approche pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle conduira aussi à mettre en place une coordination nationale des différentes institutions concernées par la problématique de la sécheresse. Le SMAS vise également le renforcement des capacités institutionnelles des trois pays (Algérie, Maroc et Tunisie) en matière d'alerte précoce de la sécheresse. Il permettra enfin l'élaboration d'une stratégie commune transfrontalière d'alerte précoce à l'échelle de la sous-région UMA et

l'expérience acquise au cours du projet sera partagée avec d'autres pays et sous-régions du Sahara et du Sahel.

2- Diagnostic de l'existant au niveau du Maghreb

La première étape de mise en œuvre d'un SAPS consiste à effectuer le diagnostic complet des outils, méthodes, structures et institutions liés à la caractérisation ou à la gestion du risque sécheresse. Ce travail, ainsi que l'identification des lacunes à combler, a été mis en œuvre dans les trois pays du projet.

2.1- Evaluation des institutions et des produits d'alerte précoce à la sécheresse existants

En ce qui concerne les SAPS proprement dit, les trois pays n'en disposent pas à ce jour. Toutefois, de nombreuses initiatives y ont été prises, constituant souvent les prémices d'un SAPS opérationnel, sur lesquels il s'agira de capitaliser. Et de nombreuses institutions nationales s'intéressent à la sécheresse dans les trois pays (Tableau 4).

	Algérie	Maroc	Tunisie
Institution politique	Ministère de l'Agriculture : Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) & Direction générale des forêts (DGF)	Le conseil interministériel permanent pour le développement rural (CIPDR) Observatoire national de la sécheresse (ONS)	Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques & Ministère de l'Environnement et du Développement durable
Météorologie	Office national de la météorologie (ONM)	Direction de la météorologie nationale (DMN)	Institut national de la météorologie (INM)
Ressources en eau	Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) et Ministère des Ressources en eau	Conseil supérieur de l'eau et du climat (CSEC) & Direction générale de l'hydraulique (DGH)	Direction des ressources en eau (DRE)
Recherche	Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA)	Institut national de la recherche agronomique (INRA) Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV)	Institut des régions arides (IRA)
Téledétection	Agence spatiale algérienne (ASAL) et Centre national des techniques spatiales (CNTS)	Centre royal de télédétection spatiale (CRTS)	Centre national de télédétection (CNT)

Tableau 4 : institutions en charge de la sécheresse en Algérie, au Maroc et en Tunisie

2.1.1- Cas de la Tunisie

Divers organismes travaillant sur des thèmes relatifs à la sécheresse ou l'eau produisent des bulletins réguliers. En ce qui concerne les prévisions météorologiques, l'Institut national de la météorologie (INM) a développé ses capacités de prévision météorologique à longue et courte échéances fondée sur une approche à la fois statistique et dynamique. Il fournit ainsi au ministère de l'Agriculture, en temps réel, des prévisions statistiques des précipitations mensuelles et saisonnières sur les principales régions pluviométriques de la Tunisie depuis 2000. A présent, ce genre de prévisions directement exploitable pour l'alerte précoce à la sécheresse, est produit et diffusé dans un cercle restreint, à destination des autorités publiques (Présidence, ministères...).

Le ministère de l'Agriculture, via sa Direction des ressources en eau (DRE), publie régulièrement des documents relatifs au suivi des eaux de surface ainsi que quelques informations concernant les eaux souterraines. Il s'agit des annuaires pluviométriques et hydrologiques et d'un bulletin mensuel de la situation pluviométrique du mois passé. Ces bulletins peuvent permettre d'apprécier le déficit hydrique et hydrologique de l'année en cours et donc de dégager l'historique des sécheresses plutôt que leur anticipation. La Direction des ressources en eau produit aussi un bulletin quotidien de la situation pluviométrique et hydrologique, mais celui-ci est dédié à la prévention des risques de crues et d'inondations.

Enfin, le ministère de l'Agriculture a mis en place un dispositif proche d'un SAPS dans sa stratégie de gestion des sécheresses dans le secteur parcours-élevage, qui prévoit une phase de préparation à la sécheresse. Dans ce cadre, un observatoire de la sécheresse, constitué d'équipes permanentes de suivi et d'alerte, d'évaluation des impacts, et d'élaboration de stratégies d'intervention, a été créé. De plus, des unités régionales lui ont été adjointes couvrant ainsi l'ensemble du pays.

2.1.2- Cas de l'Algérie

En Algérie, il n'existe pas de structure particulière dédiée expressément à la sécheresse. Cependant, l'Office national de la météorologie (ONM) est l'institution spécialisée dans les observations et les études scientifiques du climat. L'ONM collecte, suit, analyse et diffuse toute donnée météorologique générale par le biais de bulletins périodiques réguliers et parfois de conjoncture (avis de tempête par exemple). On peut ainsi citer le bulletin décadaire d'information météorologique et agro-météorologique qui contient des données climatologiques de base, des paramètres dérivés, des représentations graphiques (précipitations et températures) et une analyse climatologique décadaire. Le bulletin mensuel d'information climato-

logique et le résumé annuel du temps en Algérie comportent de nombreuses informations, données, cartes et analyses sur les situations météorologiques qui ont prévalu sur le mois ou l'année précédente.

Par ailleurs, le Centre national de veille et d'aide à la décision auprès du ministère de l'Intérieur est chargé de collecter, diffuser et exploiter en temps réel les informations et les données des réseaux d'alerte précoce de toutes natures. Le premier réseau a été installé dans la wilaya d'Alger auprès de l'ONM. A noter qu'il existe des systèmes de veille et d'alerte dédiés à la lutte antiacridienne, qui a donné des résultats positifs lors de l'invasion acridienne en Afrique du Nord en 2005.

2.1.3- Cas du Maroc

Au niveau marocain, plusieurs systèmes de prévision, prémices d'un SAPS existent. La Direction de la météorologie nationale (DMN) propose des prévisions météorologiques hebdomadaires et saisonnières basées sur l'utilisation de modèles dynamiques globaux et régionaux et de modèles statistiques. Elle développe par ailleurs des modèles de simulation de croissance des cultures, le modèle d'irrigation et les modèles phytopathologiques à travers son Projet d'appui technique agro-météorologique (PATAM).

L'Observatoire national de la sécheresse (ONS) a entamé la mise en place de systèmes d'alerte précoce au niveau local, dans le cadre d'un projet européen de préparation et d'atténuation des sécheresses, qui, depuis 2004, s'intéresse à la caractérisation et l'évaluation d'un certain nombre d'indices de la sécheresse dans les bassins d'Oum Rabia et Souss-Massa. Un autre projet de développement rural qu'il mène pour le compte du ministère de l'Agriculture vise explicitement la mise en place d'un SAPS, la préparation de plans de gestion de la sécheresse, ainsi que la mise en place de politiques à long terme de réduction de la vulnérabilité à la sécheresse.

Enfin, le Centre royal de télédétection spatiale (CRTS) produit et diffuse des bulletins de suivi de la campagne agricole, et participe à des estimations prévisionnelles de rendement agricole à l'aide d'outils satellitaires.

Au niveau institutionnel et politique, c'est le Conseil interministériel permanent pour le développement rural (CIPDR), regroupant l'ensemble des administrations concernées, qui décide s'il faut déclarer la sécheresse ainsi que les zones sinistrées. Si la sécheresse est déclarée dans tout le pays, le plan national de lutte contre les effets de la sécheresse est exécuté. De plus, le conseil dispose de comités techniques locaux et régionaux, qui intègrent les différentes parties prenantes et mettent en œuvre les mesures décidées.

2.2- Analyse des lacunes et insuffisances des systèmes et des compétences

Malgré les progrès enregistrés en matière de prise en compte du risque sécheresse, les dispositions organisationnelles et réglementaires plus ou moins avancées, ainsi que les moyens relativement conséquents alloués au risque sécheresse, les résultats restent en-deçà des attentes des décideurs politiques et des populations car :

- l'approche reste dominée par des mesures réactives ;
- les actions sont fragmentaires et non intégrées ;
- la concertation entre les différents intervenants scientifiques dans le domaine de la gestion de la sécheresse est inexistante ;
- la coordination et l'échange de l'information provenant des différentes sources (les autorités chargées de la gestion de l'eau, services de l'agriculture et de la météorologie) sont limitées, et ne s'effectuent pas en temps réel ;
- les outils développés sont surtout utilisés dans les prévisions de la sécheresse météorologique et les indicateurs d'alerte précoce lorsqu'ils existent ne sont pas encore validés et testés à grande échelle pour prévoir les autres types de sécheresse : agricole, hydrologique et socio-économique ;
- la densité du réseau d'observation météorologique reste insuffisante pour mener des observations fines, en particulier pour les paramètres autres que la pluviométrie ;
- les compétences humaines nécessaires à la gestion et à l'anticipation de la sécheresse manquent ; les structures qui en ont la charge sont souvent trop cantonnées à une seule discipline ou manquent de formation ou d'initiation spécifique dans le domaine de la sécheresse et des outils et techniques pour sa prévision.

A partir d'une cartographie institutionnelle assez fine, de l'analyse de l'existant et de l'identification des lacunes à combler, le projet SMAS a développé la coordination entre les différentes institutions de façon à construire les outils de l'alerte précoce au niveau de chacun des trois pays.

3- Définition des outils et méthodologies pour l'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb

3.1- Zonage pour le système d'alerte précoce à la sécheresse : l'exemple de la Tunisie

Un zonage adapté aux besoins du système d'alerte précoce a tout d'abord été effectué dans les trois pays couverts par le projet, en utilisant la méthodologie exposée en chapitre III. Le cas tunisien constitue un bon exemple du zonage développé dans le cadre du projet. Il a été mené en équipe avec les différents partenaires du projet, le CNT, l'IRA et l'INM. Il s'agit d'un zonage en régions agro-écologiques homogènes tenant compte des critères météorologiques, agronomiques, hydrologiques et socio-économiques compatibles avec le calcul des indicateurs de suivi de la sécheresse au niveau macrogéographique. Il s'est basé sur un ensemble de cartes élaborées à partir des données et produits existants.

Le zonage phyto-édaphique qui prend en compte les sols et les cultures a valorisé des cartes thématiques phytoécologiques, la carte des systèmes agraires, le zonage en régions naturelles, et les cartes des pentes, des sols et de leur occupation, et des grands bassins versants, établies par les différents services du ministère de l'Agriculture et des ressources hydrauliques et par le CNT aux échelles 1/500 000 ou 1/1 000 000. Toutes ces données ont été intégrées, corrigées, homogénéisées, puis combinées par les méthodes de l'ingénierie géographique telles que l'interpolation statistique et l'analyse vectorielle pour aboutir à une carte phyto-édaphique au 1/1 000 000. Cette carte a été par la suite validée par les experts en pédologie et en agronomie du ministère de l'Agriculture.

Le zonage météorologique a été réalisé par l'INM à partir des données de précipitations enregistrées durant la période 1951-2000 dans 49 stations météorologiques, équitablement réparties sur l'ensemble du territoire tunisien. La classification des données relevant des différentes stations à l'aide de méthodes statistiques comme référence permet d'exprimer les grands traits climatiques régionaux des précipitations. Les résultats obtenus montrent une division géographique du pays en trois à cinq régions (classes) dont les limites sont plus ou moins variables durant les 12 mois de l'année. L'utilisation de la distribution des pluies moyennes ainsi que de leurs poids dans la pluviométrie annuelle a permis d'étudier les caractéristiques de chaque classe et de délimiter et retenir cinq régions pluviométriques homogènes (extrême Nord, Nord, Centre-Est, Centre-Ouest et Sud).

Le zonage socio-agro-économique a été effectué en découpant le territoire

national en espaces homogènes sur les plans physique, socio-économique et agro-économique. Basé sur une étude des systèmes agraires, les données du projet national de gestion des ressources naturelles ont été actualisées en se référant aux études récentes relatives à l'occupation des sols (Carte agricole, 2000, Inventaire forestier, 2006) et aux systèmes socioculturels et aux activités économiques des différentes régions. Ce sont ainsi dix zones socio-agronomiques que l'IRA a distingué sur cette cartographie.

Le zonage final du SAPS a été obtenu en synthétisant ces trois zonages initiaux. Le zonage final agro-écologique a été validé par les trois partenaires du projet en concertation avec les partenaires nationaux concernés en vue d'être utilisé pour le calcul des indicateurs de sensibilité et l'alerte précoce à la sécheresse au cours de la deuxième phase du projet (figure 7). Cette carte finale découpe ainsi la Tunisie en 9 zones agro-écologiques homogènes pour l'alerte précoce à la sécheresse, caractérisée par différents attributs et descripteurs tels que l'altitude moyenne, la moyenne pluviométrique, l'amplitude thermique, l'étage bioclimatique, et un descripteur socioéconomique.

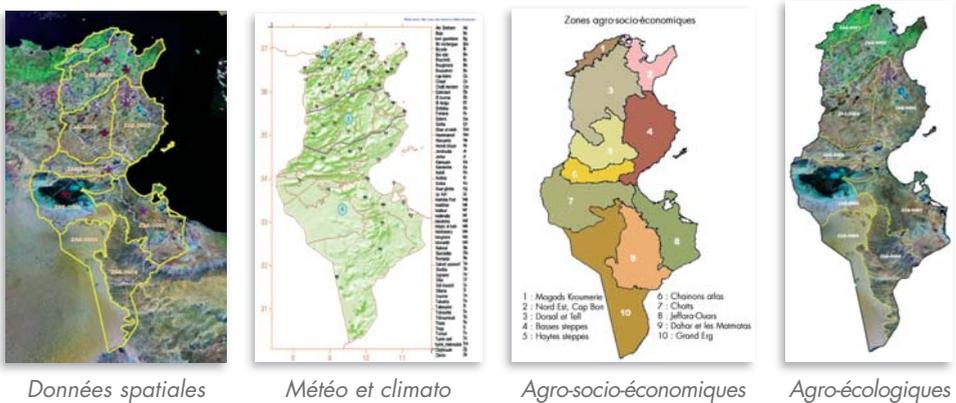


Figure 7 : zonage de la Tunisie.
3.2- Le choix des indicateurs

A partir de ce zonage, le test et la comparaison de plusieurs indices potentiels permet de choisir les plus fiables et les plus adaptés aux conditions maghrébines. Il est évident qu'actuellement les données dont disposent les partenaires impliqués dans le projet SMAS sont insuffisantes pour tester tous les indices potentiels et que les moyens disponibles dans le cadre du projet ne permettent pas d'engager toutes les activités de collecte de données nécessaires à cet effet. Par conséquent, il a été

décidé, en concertation avec les partenaires, de choisir dans un premier temps, un nombre limité d'indicateurs simples et faciles à fournir en temps réel pour déclencher le processus et mettre en place un système d'alerte précoce qui pourrait être amélioré par la suite en intégrant d'autres indices et partenaires.

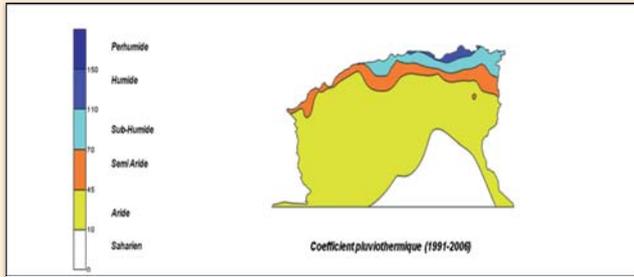
Au niveau météorologique, il a été opté pour le choix des indicateurs suivants : l'Indice de précipitation standardisé (SPI), et le Rapport à la normale (RA). Pour la sécheresse agricole et forestière, le déficit hydrique réel et les indices de végétation - indice caractérisant les conditions d'humidité de la végétation (VCI) et indice tenant compte des conditions de la température (TCI) obtenus par télédétection - seront utilisés. En ce qui concerne l'hydrologie, c'est l'indice d'approvisionnement en eau de surface (SWSI) pour les eaux de surface et l'indice du niveau d'eau standardisé (SWI) pour les eaux souterraines qui seront intégrés dans le SAPS. Pour tous ces indices physiques, une calibration basée sur des historiques d'une trentaine d'années doit être menée afin de déterminer précisément les seuils d'alerte. Des corrélations entre les valeurs obtenues pour ces indices, et des mesures de l'humidité du sol ainsi que des rendements agricoles doivent permettre la précision de ces seuils. Enfin, les indicateurs socio-économiques concernent surtout l'agriculture, ce sont les prix et la quantité des intrants agricoles, de la paille, des animaux vendus, de l'alimentation des bétails, mais aussi l'acuité de la migration des troupeaux, ou la distance parcourue par les populations à la recherche d'eau. La liste des indicateurs a été arrêtée lors du 2^e atelier sous-régional SMAS de Tunis (mai 2007).

D'autre part, on a déjà souligné l'intérêt de la construction du SAPS pour l'analyse plus large de la vulnérabilité structurelle à la sécheresse. Le zonage constitué peut permettre cette caractérisation à partir d'autres indicateurs évalués sur une longue période et analysés statistiquement et géographiquement. Les indicateurs choisis pour cette analyse structurelle concernent la production agricole et plus particulièrement celle des céréales, sa part dans le PIB, les importations des céréales, la longueur de la période de croissance (LGP), l'exode rural, les ressources en eau dans les barrages et les niveaux des nappes, la dégradation de la forêt.

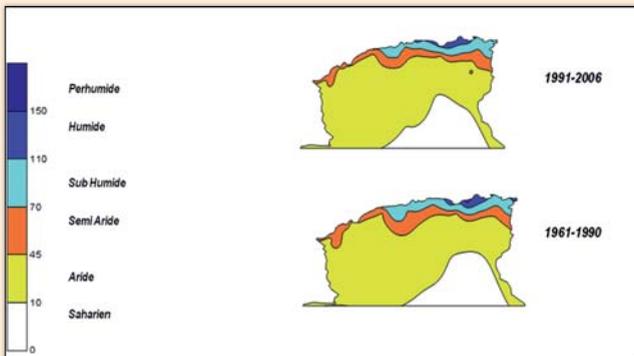
Cas des indices météorologiques en Algérie

Les deux indices retenus (SPI et RA) lors de l'atelier national de 2006, pour les stations d'Oran, Tiaret, Djelfa et Sétif, sont calculés au pas de temps mensuel.

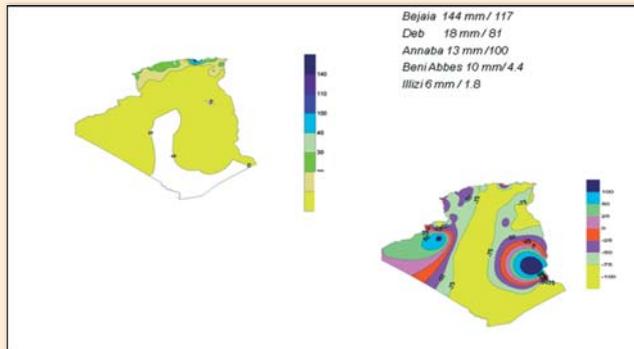
Par contre, la méthodologie de calcul du SPI étant plus laborieuse, c'est le programme écrit par le National Drought Mitigation Center (NDMC) de l'université du Nebraska (USA) qui a été utilisé. Des calculs et des cartes ont été élaborés :



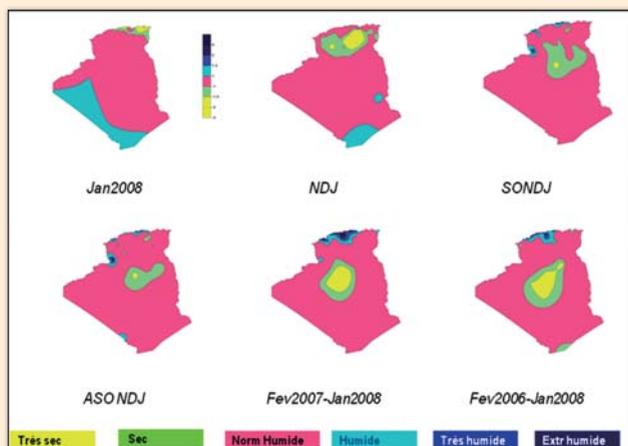
Coefficient pluviométrique (rapport de la précipitation normale mensuelle au 1/12 de la précipitation normale annuelle).



Zonage météorologique de l'Algérie (basé sur le coefficient pluviométrique).



Précipitation de janvier 2008, bilan par rapport à la normale.



Indices SPI 1 mois (janvier 2008), 3 mois (Nov.-déc.-jan.), 5, 6, 12, 24 mois.

3.3- Périodicité et échelle de production des indicateurs

La périodicité et l'échelle de production des indicateurs sont des facteurs très importants dans le processus de l'alerte précoce. Elles doivent prendre en considération la précision de la prévision de la sécheresse, les types d'indicateurs et les impacts des sécheresses. En effet, plus la prévision est faite sur une longue période plus sa précision diminue. Cependant, ce type de prévision a le mérite d'aider à développer des stratégies et à mieux informer les prises de décisions notamment politiques.

Pour ce qui est de la périodicité des indicateurs, elle doit prendre en considération l'importance de l'information à court et à moyen termes pour les différents types de sécheresse ; le type d'indice mais aussi les moyens disponibles et le temps nécessaire pour collecter et traiter les données. L'idéal est d'adopter une périodicité courte hebdomadaire ou décadaire. Le problème est que certains indices (déciles et PDSI) sont souvent calculés à l'échelle d'un mois ou plus. De même, les données concernant l'agriculture sont difficiles à collecter et à analyser à une périodicité de 10 ou 7 jours. D'un autre côté, une périodicité d'un mois est trop longue pour le suivi des cultures. Pour remédier à ce problème, il est suggéré de retenir la périodicité de 1 mois pour tous les indices/indicateurs d'alerte à la sécheresse déjà décrits, avec un bulletin intermédiaire de suivi des cultures de 15 jours au cours de

la campagne agricole. Un bulletin saisonnier peut aussi permettre aux décideurs de préparer des orientations stratégiques globales. Deux saisons sont importantes, la période novembre-décembre-janvier pour la mise en place des cultures et février-mars-avril, pour la prévision des rendements des céréales et la gestion des eaux des barrages. Dans le cadre de SMAS, les partenaires marocains et tunisiens ont élaboré des bulletins mensuels d'alerte précoce à la sécheresse (figures 8 et 9).

ROYAUME DU MAROC






Programme LIFE – Pays Tiers

Système d'Alerte précoce à la Sécheresse

Bulletin d'information
Période : **Décembre 2007**

Le bulletin d'information sur la sécheresse a pour objectif de fournir des informations périodiques sur l'état qualitatif et quantitatif de la végétation. Pour le mois de décembre 2007, le bulletin présente la situation des travaux du sol pour les cultures d'automne et les semails des céréales comparés à une situation normale, une synthèse mensuelle des indicateurs basés sur les indices de végétation et les températures de brulante calculés à partir des données décennales NOAA/AVHRR, et la situation des travaux du sol et de plantation pour les opérations de reboisement, régénération et aménagement sylvo-pastoral.

Afin de passer d'un bulletin d'information à un bulletin d'alerte à la sécheresse, il est nécessaire d'intégrer les indicateurs calculés à partir des données climatiques.

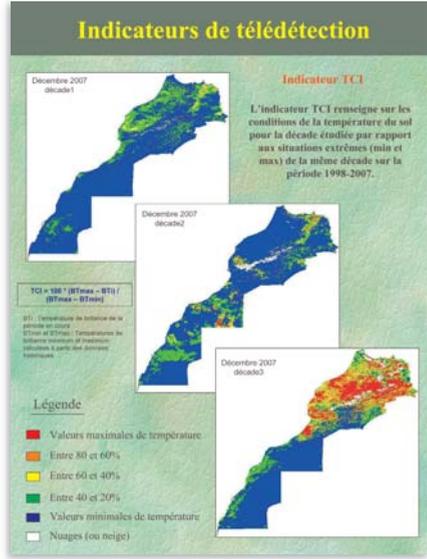


Figure 8 : bulletin d'alerte précoce à la sécheresse du Maroc pour le mois de décembre 2007



Programme LIFE – Pays Tiers
Système Maghrébin d'Alerte Précoce à la sécheresse

BAPSécheresse .01
 N° 01-2008

Bulletin mensuel d'Information et d'Alerte Précoce à la Sécheresse

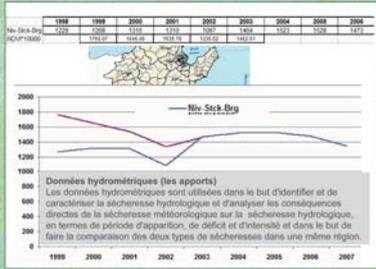
Période : de Avril au juin 2008
www.BapSécheresse.nat.tn

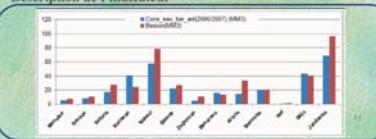
Contexte:
 Ce Bulletin présente un bilan de l'analyse des variables météorologiques, biophysiques et socioéconomiques disponibles pour cette période, mise en œuvre par une équipe nationale dans le cadre du projet de mise en œuvre d'un Système Maghrébin d'Alerte Précoce à la sécheresse dans les trois pays : Algérie, Maroc et Tunisie, initié par l'OSU et l'UMA avec l'appui de la Communauté Européenne.
 Le prototype de Bulletin d'APSPV.01 retenu au Niveau Maghrébin et adapté au niveau national a été élaboré en collaboration avec les partenaires nationaux membres du projet et les institutions différentes impliquées et structures concernées par la sécheresse. La coordination et la synthèse du BAP est assurée par le CNT.

Objectifs:
 Au Niveau National, le BAPS vise les objectifs :
 - Identifier (et suivre) les indicateurs, indicateurs et variables précurseurs pertinents comme importante de la sécheresse.
 - Identifier (et suivre) les secteurs et risques de sécheresse pour les zones AE vulnérables.
 - Fournir une information régulière (par mensuel) précise et pertinente permettant une prise de décision fondée sur tous les aspects et les éléments tangibles par les décideurs, gestionnaires et professionnels.

Contenu:
 L'ensemble des données, indicateurs et informations conjoncturelles collectées par les services techniques nationaux concernés, sont analysés et rassemblés dans un bulletin mensuel APIS, fondé sur un groupe de travail pluridisciplinaire.

I: Description des variables conjoncturelles
Indicateurs Hydrologiques (1)
niveau. Barrage (Mm3/mois)



Description de l'indicateur


I: Description des variables conjoncturelles
Indicateurs Agronomiques (3)
Superficie cultivée en foin /gouvernorat

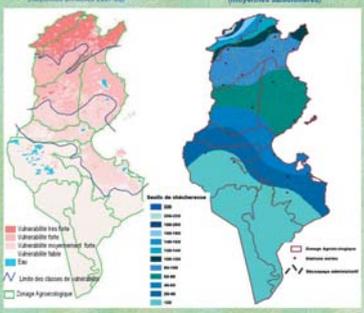


Description de l'indicateur
 Les variables socio-économiques qui pourraient être statistiquement associées au risque ont été identifiées en reliant le risque de sécheresse en équation avec les fluctuations significatives dans la production et les prix du bétail sur le marché en relation avec les conditions agrométéorologiques.
 Il a été procédé à une analyse statistique afin d'identifier les liens entre les variables socio-économiques et environnementales pour évaluer le risque de l'exposition à la sécheresse des régions à partir de la superficie réservée aux cultures de l'alimentation du bétail.

III: SYNTHÈSE ET RISQUES DE SÉCHERESSE
Synthèse des indicateurs

Niveau de vulnérabilité durant la période d'observation
 (périodes annuelles 2007-08)

Swiss de précipitations saisonnières et risques de sécheresse
 (moyennes saisonnières)



Risques conjoncturels sécheresse par zones agro-écologiques
 Ces cartes présentant un bilan – synthèse au niveau national des risques de sécheresse agrométéorologique dans les régions agro-écologiques et limites administratives (gouvernorat) et ceci sur la base des données météorologiques observées au niveau des stations météo et les données satellitaires de basse résolution (SPOT VEGTATION), traitées en séries annuelles et saisonnières en relation avec les indicateurs biophysiques calculés (NDVI, Biomasse). Les valeurs fortes de vulnérabilité indiquent de **hauts risques potentiels de sécheresse** en rapport avec le cumul phytométrique pour toute l'année agricole en cours.

Figure 9 : extrait du bulletin d'alerte précoce à la sécheresse de la Tunisie, avril-juin 2008

Tous ces outils pour l'alerte précoce à la sécheresse sont en cours de constitution en Algérie, au Maroc et en Tunisie, dans un processus participatif qui rassemble toutes les institutions concernées. Un tel processus est essentiel pour permettre à terme un fonctionnement en temps réel de l'alerte précoce à la sécheresse, avec une coordination institutionnelle claire et bien établie entre tous les acteurs.

Le projet offre également un cadre propice à l'appréhension sous-régionale de l'alerte précoce. La mobilisation des partenaires et le suivi de la coordination par l'OSS ont permis la réalisation de deux tests à cette échelle, comme deux témoins de l'harmonisation des méthodologies nationales. Ce test est basé sur la production sous-régionale d'un indicateur météorologique, l'Indice de précipitation standardisé et deux indicateurs issus de la télédétection, l'Indice de végétation à différence normalisée (NDVI) et l'Albédo (figures 10 et 11). Visant à explorer la notion de vulnérabilité structurelle pour la sous-région, il amorce la concertation sur les possibilités de mise en place d'un système sous-régional d'alerte à la sécheresse.

Figure 10 : carte du SPI Maghreb pour le mois de décembre 2007

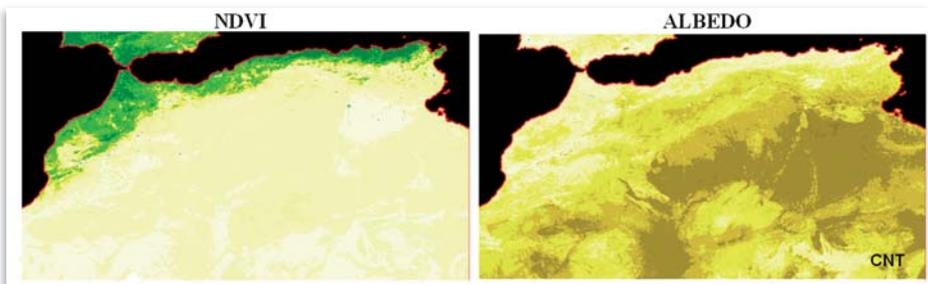
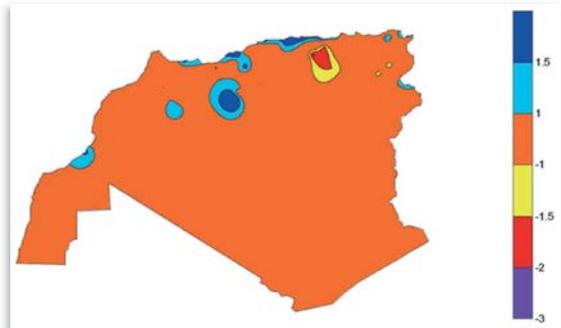


Figure 11 : tests de calcul d'indices biophysiques (NDVI et Albédo) à l'échelle du Maghreb

●●● CONCLUSION

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet « Mise en place d'un système d'alerte précoce à la sécheresse dans les trois pays de la rive Sud de la Méditerranée : Algérie, Maroc, Tunisie » récapitule les concepts de sécheresse et de vulnérabilité et évalue les dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle maghrébine. Elle débouche sur la proposition d'un système d'alerte précoce à ce phénomène.

Dans une première partie, elle donne d'abord la définition des concepts de base de la sécheresse ainsi que celle d'un système d'alerte précoce. Elle présente ensuite des exemples de systèmes d'alerte précoce réussis au niveau international. L'évaluation des dispositifs d'alerte précoce à l'échelle maghrébine constitue le troisième volet de l'étude.

La quatrième et dernière partie avance une proposition d'un système national d'alerte précoce à la sécheresse et son plan de mise en œuvre.

A l'issue de cette étude les remarques suivantes méritent d'être soulignées :

- la sécheresse est un phénomène complexe d'origine climatique au départ, elle peut s'étendre à tous les secteurs intéressés par l'eau. De ce fait, on distingue plusieurs types de sécheresse allant de la sécheresse climatique (le premier maillon du phénomène) jusqu'à la sécheresse socio-économique (l'aboutissement de tous les autres types de sécheresses).
- Au Maghreb, la sécheresse est un phénomène récurrent qui peut affecter tous les milieux où l'eau transite et peut acquérir de grandes dimensions spatiotemporelles.
- Une alerte précoce à un phénomène si complexe que la sécheresse reste une tâche fort complexe, la sécheresse étant un phénomène latent, vécu différemment d'une région à l'autre et d'une saison à l'autre, elle est différemment

perçue et de ce fait, difficile à cerner. Sa prévision est d'autant plus délicate que l'échéance souhaitée est lointaine (échelle des mois ou des saisons).

- Un dispositif d'alerte précoce à la sécheresse nécessite une complémentarité de compétences humaines œuvrant dans des disciplines différentes qui se complètent (télé-détection, météorologie, climatologie, agronomie, hydrologie, hydraulique, économie, sociologique...).
- Jusqu'ici, aucune structure n'existait pour rapprocher les points de vue, forger une synthèse commune pouvant servir d'outil d'aide à la décision en cas d'un épisode de sécheresse présumé. Il faut attendre l'installation de la sécheresse pour entamer sa gestion, selon des phases progressives.
- Les expériences acquises jusqu'ici en matière de prévision à moyenne et longue échéances des phénomènes produisant ou reflétant la sécheresse (manque de pluies, dégradation des parcours ...) restent soit partielles, soit ponctuelles. Elles sont loin d'être exploitables pour la production et la diffusion d'alertes à la sécheresse. Beaucoup d'insuffisances et des lacunes restent à combler.
- Une confusion est parfois constatée entre la gestion de la sécheresse et son alerte précoce en plus de l'absence de tradition d'Alerte Précoce à la Sécheresse, dont l'idée est encore souvent floue.
- L'absence d'un cadre politico-institutionnel complet pour faire face à la sécheresse et bien sûr pour l'anticiper.
- L'absence de coordination et de structure de coordination entre les institutions qui s'intéressent à la sécheresse ou à l'alerte précoce appliquée à d'autres domaines.
- Le manque de données de base sur la vulnérabilité (carte de vulnérabilité...).
- Le manque d'indicateurs socio-économiques pouvant faire partie d'un système global d'alerte précoce.
- L'absence d'inventaire national des compétences pouvant être utiles dans les structures d'alerte précoce à la sécheresse.
- L'absence d'inventaire ou de structure d'échange d'informations sur des études existantes ou en cours d'exécution portant sur la question de la sécheresse en général et l'alerte précoce à la sécheresse en particulier.

En termes de recommandations, la mise en place d'un SAPS s'avère donc une nécessité absolue au Maghreb dans le cadre d'une stratégie d'alerte précoce du pays et aura donc nécessairement des retombées socio-économiques bénéfiques, tant pour le développement des économies nationales que pour les communautés paysannes.

Les pays du Maghreb présentent une continuité naturelle qui se matérialise, entre autres, par des potentialités agro-climatiques et économiques comparables. La création d'un dispositif régional représenterait un atout commun pour améliorer les performances des SAPS créés ou en cours de création. Un tel dispositif peut être placé sous l'égide des structures techniques compétentes et doté des moyens lui permettant le fonctionnement en temps réel et le suivi-évaluation. Ce dispositif peut se matérialiser par un observatoire maghrébin de la sécheresse.

Sa vocation essentielle serait la mise en réseau des dispositifs nationaux d'observation et l'harmonisation des méthodes et outils de travail, en vue d'aboutir à une alerte précoce régionale à une sécheresse qui s'annonce ou s'installe déjà dans l'un des trois pays, menaçant ainsi de passer aux autres.

C'est dans le cadre du projet SMAS et au vu de ses acquis au niveau régional que l'on peut entrevoir la mise en place d'un SAPS opérationnel comme outil d'aide à la décision et au développement durable.

Enfin, Il faut rappeler que le SAPS se veut un organe qui met à la disposition des décideurs (nationaux, régionaux et internationaux) les informations nécessaires à la précision du risque conjoncturel de sécheresse. Les mesures qui en découlent ont pour objectif d'atténuer l'impact de la sécheresse. Un tel système ne peut atteindre ses objectifs sans une réelle synergie et fédération entre tous les acteurs politiques, scientifiques et techniques (figure 12).

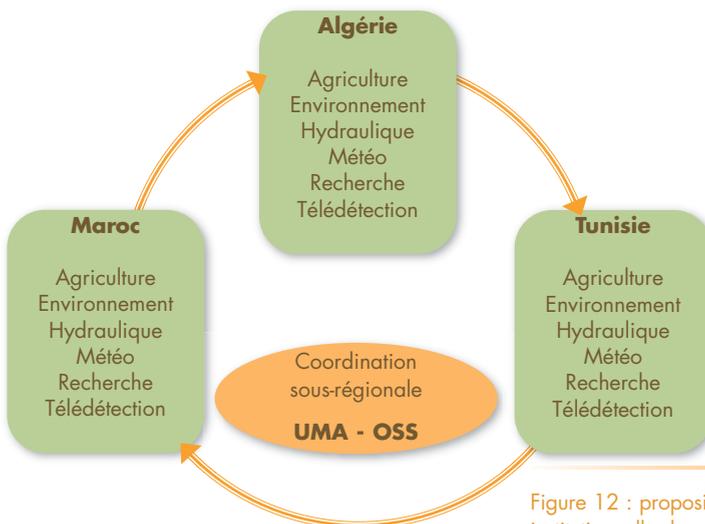


Figure 12 : proposition d'une organisation institutionnelle du système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse

●●● BIBLIOGRAPHIE

Achard F. & Blasco F., 1990. *Rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'Ouest par télédétection spatiale*, Télédétection et sécheresse, AUPELF-UREF. p. 1-14.

Aghrab A., 2003. *Caractérisation de la sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour son alerte précoce dans la région du Sais.*, Mémoire de fin d'études, Ecole nationale d'agriculture de Meknès, Maroc.

Aghrab A., 2005. *Etude de la sécheresse au Maroc*, Essai, Editions Le manuscrit.

Ambenje P. G., *Regional drought monitoring Centres – The case of Eastern and Southern Africa*, Drought Monitoring Centre, Nairobi (Kenya), http://ndmc.unl.edu/monitor/EWS/ch11_Ambenje.pdf

Barakat F. & Handoufe A., 1998. *Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc*, Sécheresse, 9, 201-208.

Bastiaanssen W. G. M., 1995. *Regionalisation of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates*, PhD thesis, Landbouwniversiteit Wageningen, The Netherlands.

Ben Boubaker H., 2006. *Évaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle nationale – cas de la Tunisie*, Expertise dans le cadre du projet SMAS/OSS.

Ben Boubaker H. Benzarti Z. & Hénia L., 2001. *Les ressources en eau de la Tunisie, contraintes du climat et pression anthropique*, Eau, environnement et milieux méditerranéens, ENS éditions, 38-52.

Benzarti Z. & Habaieb H., 2001. *Étude de la persistance de la sécheresse en Tunisie par utilisation de la chaîne de Markov (1909-1996)*, Sécheresse, 4, 215-220.

Bergaoui M. & Alouini A., 2001. *Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Siliana en Tunisie*, Sécheresse, 4, 205-213.

Bergès J.C., Lacaze B. & Smiej M. F., 2005. *Vers un suivi en temps réel de la sécheresse au Maroc à partir des données Meteosat Second Generation (MSG)*, Actes du colloque international « Aménagement du territoire et risques environnementaux » en hommage au Professeur Hassan Benhalima, Fès, 15-16 avril 2005.

Bhuiyan C., 2004. *Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli Terrain of India*, In Geo-Imagery Bridging Continents: XXth ISPRS Congress, 12-23 July, 2004, Istanbul, Turkey (Commission 7).

Buchanan-Smith M., *Role of early warning systems in decision making processes*, Overseas Development Institute, London.
http://www.drought.unl.edu/monitor/EWS/ch2_Bushnan-Smith.pdf

Cihlar J., Belward A., Govaerts Y. & al., 1999. *Meteosat Second Generation Opportunities for Land Surface Research and Applications*, EUMETSAT Scientific Publications, ISSN 1561-140X, EUM SP01.

CRTS, 2006. *Rapport bibliographique sur les indicateurs de télédétection*, CRTS, Rabat, Maroc.

De Pauw, E., 2000. *Drought early warning systems in West Asia and North Africa. In Improving drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation*. Editions Wilhite, D.A. Sivakumar, M.V.K. and Wood, D.A., Lisboa, Portugal, 5-7 Sept. 2000, p. 65-85.

DGF, 2004. *Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de lutte contre la désertification*.

DGPDI, 1995. *Evaluation de l'impact économique de la sécheresse des campagnes 1993-1994 et 1994-95*, Ministère de l'Agriculture.

DMN, 1997. *Le point sur la sécheresse au Maroc: 1899-1997*, Ouvrage, Ministère des travaux publics, Maroc.

DMN, non daté. *Rapport de l'avancement du projet El Massifa (AVI-CT93-0010) du 01/07/1996 au 30/12/1997*.

Driouech, F., 2006. *Rapport sur les changements climatiques au Maroc : observations et projections*, Rapport, Direction de météorologie nationale, Secrétariat d'état auprès du Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau. Maroc.

Driouech F., Mokssit A. & Al Khatri S., 1997. *Projet El MASSIFA : Nécessités et opportunités*, Rapport, Centre national du climat et de recherche météorologiques, Direction de météorologie nationale, Ministère des travaux publics.

Drought outlook : <http://droughtoutlook.com/drought.html>.

El Mourid M. & Watts D.G., 1989. *Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco*, In *The Agrometeorology of Rainfed Barley-based Farming Systems*, Editions Jones, M.J. and D. Rijks, ICARDA-Aleppo, Syria, p. 59-80.

Erraji A. & al., 2005. *Suivi Global de la Végétation et de ses changements à l'échelle nationale*, Géo Observateur n° 14, p. 3-12.

EUMETSAT, 2001. *Meteosat Second Generation - System Overview*, EUM TD 07, Eumetsat, Issue 1.1, 25 May 2001.

Gibbs W. J. & Maher J. V., 1967. *Rainfall deciles as drought indicators*, Bureau of Meteorology, Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), 2001. *Climate change 2001 : the Scientific Basis*, contribution du Groupe de travail I au 3e rapport d'évaluation du GIEC.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), 2007. *4e rapport*.

Hajri J., 1996. *La sécheresse climatique en Tunisie, dans Variabilité du climat et stratégies d'adaptation humaines en Tunisie*, édité par L. Hénia, Université Tunis I.

Hayes M., 1998. *Drought indices*, National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska.

Hénia L., 2001. *Les grandes sécheresses en Tunisie au cours de la dernière période séculaire*, Eau, Environnement et milieux méditerranéens, ENS Editions, p. 25-36.

Hyogo Framework 2005-2015.

IHP/UNESCO, 1999. *Integrated drought management: lessons for sub-saharan Africa*, Technical Documents in Hydrology No. 35.

Jesslyn F. & al., 2002. *A prototype drought monitoring system integrating climate and satellite data*, Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings.

Jackson R. D., 1982. *Canopy temperature and crop water stress*, Advances in irrigation volume 1, Hillel ed. Academic press publ.

Janssen M. A., Schoon M. L., Ke W., and Borner K., 2006. *Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change*, Global environmental challenge, Elsevier ltd.

Karrou M., 2006. *Évaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle nationale – cas du Maroc*, Expertise dans le cadre du projet SMAS/OSS.

Kogan, F.N., 2000. *Contribution of remote sensing to drought early warning*, In: *Improving drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation*, Wilhite, D.A. Sivakumar, M.V.K. and Wood, D.A. (Eds), Lisbon (Portugal), Sept. 2000, p. 65-85.

Lain M.M., 2005. *Agricultural vulnerability to drought : A comparative study in Morocco and Spain*, Thesis, IAMZ-CIHEAM Zaragoza, Spain.

Laughlin G. & Clark A., 2000. *Drought science and drought policy in Australia: A risk management perspective*. In: *Improving drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation*. Wilhite, D.A. Sivakumar, M.V.K. and Wood, D.A. (Eds), Lisbon (Portugal), Sept. 2000, p. 32-44.

La vulnérabilité structurelle en Afrique de l'Ouest, rôle des indicateurs : le cas du Burkina

http://agri-alim.redev.info/DOC/seminaire_ouaga_2004/atelier_ouaga_vulnérabilité_structurale.pdf

Louati M.H., Khanfir R., Alouini A.M.Z., El Echi Frigui L. & Marzouk A., 1999. *Guide pratique de gestion de la sécheresse en Tunisie*, Ministère de l'agriculture.

Mac Donald & Partners, 1997. *Etude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de la Mitidja, Analyse économique et effets sur l'environnement*, Atkins International Limited, BNEDER.

- Mainguet M., 2003. *Les Pays secs, environnement et développement*, Ed. Ellipses, collection Carrefours, Paris, 160 p.
- Mckee T. B. Doesken N. J. & Kleist J., 1993. *The relationship of drought frequency and duration times scales*. American Meteorological Society. 8th Conference on Applied climatology, January, 17-22, Anaheim, CA, p. 179-184.
- Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire (MEAT) et Mécanisme Mondial de la CCD, 2002. *Nomenclature des projets de LCD inscrits au dixième plan de développement économique et social*, PAN, juillet 2002.
- Mokssit A., 1998. *La sécheresse dans le climat marocain*. In : Atelier sur la prévention de la gestion des situations de sécheresse dans les pays du Maghreb, Casablanca (Maroc), 24-28 juin 1996.
- Mougou R., 2001. *Agroclimatologie et production agricole*, Rapport final individuel de l'INRGREF dans : Les lacs collinaires dans les zones semi-arides du pourtour méditerranéen, INCO-DC contrat, IH, IRD, CSIC.
- Myneni R. B., 1999. *MODIS Leaf Area Index (LAI) And Fraction Of Photosynthetically Active Radiation Absorbed By Vegetation (FPAR) Product, (MOD 15), Algorithm Theoretical Basis Document, Version 4.0*.
- Nahal B., 1987. *La désertification dans le monde arabe*, Beyrouth.
- Observatoire du Sahel et du Sahara, 2003. *Etude sur la prise en compte de la sécheresse dans les PAN en Afrique du Nord : Cas de l'Algérie*.
- Observatoire du Sahel et du Sahara, 2003. *Etude sur la prise en compte de la sécheresse dans les PAN en Afrique du Nord : Cas du Maroc*.
- Observatoire du Sahel et du Sahara, 2003. *Etude sur la prise en compte de la sécheresse dans les PAN en Afrique du Nord : Cas de la Tunisie*.
- Organisation météorologique mondiale, 2006. *Suivi de la sécheresse et alerte précoce : principes, progrès et enjeux futurs*, OMM n° 1006.
- Palmer, W.C., 1965. *Meteorological drought*. Research paper No. 45, US Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, DC.
- Peters A.J., Walter-Shea E.A., Lei J., Vina A., Hayes M. & Svoboda M.R., 2002. *Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 68(1):71-75.

PNUD/FEM, *Projet maghrébin sur les changements climatiques (RAB/ 94/G 31), 1997 : Actes de la 2e réunion du Comité consultatif technique sur le thème « changements climatiques et ressources en eau dans les pays du Maghreb »*, Tunis.

4^e Forum Mondial de l'Eau, 2006. *Gestion du risque*, Document thématique, Mexico.

4^e Forum Mondial de l'Eau, 2006. *Managing Drought Risks – Role of Improved Preparedness and Management*, Mexico.

Rossi G. & Cancelliere A., 2001. *At-site and regional drought identification by Redim Model*, In: Tools for drought mitigation: Experiences in the Mediterranean region, Workshop on "Drought mitigation for the Near East and the Mediterranean", ICARDA, Aleppo (Syria), May, 27-31, 2001.

Safar Zitoun M., 2006. *Évaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle nationale – cas de l'Algérie*, expertise dans le cadre du projet SMAS/OSS.

Safar Zitoun M., 2002. *Systèmes d'alerte précoce et suivi écologique en Afrique, mise en place du réseau*, atelier de lancement du réseau TPN4, Tunis, 8-10 octobre 2002.

Shafer, B. A. & Dezman L. E., 1982. *Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas*, In: The Western Snow Conference, Colorado State University, Fort Collins, Colorado (USA), p. 164-175.

Smiej M. F., Lacaze B. & Belabbes K., 2005a. *Expérimentation sur l'utilisation des données satellitales de basse résolution pour l'évaluation de l'état hydrique des couverts végétaux*, Geo Observateur n° 14, novembre 2005, CRTS (Maroc), p. 115-138.

Smiej M. F., Zerrou N. & Giraud A., 2005b. *Stratification à l'échelle nationale et base de données géophysiques*, Geo Observateur n° 14, novembre 2005, CRTS (Maroc), p 99-113.

UMA (Secrétariat Général), 1995 : *Les catastrophes naturelles au Maghreb*, Rabat (Maroc).

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), www.unisdr.org

What is drought ? Understanding and defining drought.
<http://www.drought.unl.edu/whatis/concept.htm>.

Wilhelmi O. V., Hubbard K. G. & Wilhite D. A., 2002. *Spatial representation of agroclimatology in a study of agricultural drought*, International Journal of Climatology, No. 22, p. 1399-1414.

Wilhite D. A. & Glandz M. H., 1995. *Understanding the drought phenomenon. The role of definitions*, Water International No. 3, p. 111-120.

Wilhite, D. A., 1997. *State actions to mitigate drought: lessons learned*, Journal of American Water Resources Association, 33(5) p. 961-968.

Wilhie, D.A., 1999. *Building institutional capacity to cope with drought*. In : Atelier international sur la stratégie d'adaptation à la sécheresse, Rabat (Morocco), 1-2 November 1999.

Yacoubi M., El Mourid M., Chbouki N. & Stokle C. O., 1998. *Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain*, Sécheresse n° 9, p. 269-276.

Yong wei Sheng., 2005. *Drought monitoring by AVHRR*, Dept of Environmental science, Policy and Management, University of California at Berkeley.

●●● LISTE DES ACRONYMES

ACMAD	<i>African Centre of Meteorological Application for Development</i>
AP3A	Alerte précoce et prévision des productions agricoles
ASAL	Agence spatiale algérienne (Algérie)
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
CCA	<i>Common Country Assessment</i>
CCD	<i>Cold Cloud Duration</i>
CILSS	Comité inter-états permanent de lutte contre la sécheresse au Sahel
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CLIMAG WA	<i>Harmonisation of climate prediction for mitigation of global change impact in sudano-sahelian West Africa</i>
CNT	Centre national de télédétection (Tunisie)
CRSTRA	Centre de recherches scientifique et technique sur les régions arides (Algérie)
CRTS	Centre royal de télédétection spatiale (Maroc)
DGF	Direction générale des forêts (Algérie)
DHC	Diagnostic hydrique des cultures
DMN	Direction de la météorologie nationale (Maroc)
DPV	Direction de la production végétale (Maroc)
DOSE	Dispositif d'observation et de suivi environnemental
ET _r	Evapotranspiration réelle

FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FEWS	<i>Famine Early Warning System</i>
GIEC	Groupe intergouvernemental des experts pour le climat
HCEFLCD	Haut commissariat des eaux et forêts et de lutte contre la désertification
IGAD	<i>Intergovernmental Authority for Development</i>
INM	Institut national de météorologie (Tunisie)
IRA	Institut des régions arides (Tunisie)
LGP	Longueur de la période de croissance
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index (Indice de végétation par différence normalisée)</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation mondiale de la météorologie
ONG	Organisation non gouvernementale
ONM	Office national de météorologie (Algérie)
ONS	Observatoire national de la sécheresse
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PAM	Programme alimentaire mondial
PASR	Programme d'action sous-régional
PDSI	<i>Palmer Drought Severity Index - Indice de sévérité de la sécheresse de Palmer</i>
PIB	Produit intérieur brut
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
SADC	<i>Southern African Development Community</i>

SAP	Système d'alerte précoce
SIAP	Système intégré d'alerte précoce
SICIAV	Systèmes d'information et de cartographie sur l'insécurité alimentaire et la vulnérabilité
SIG	Système d'information géographique
SISP	Système intégré de prévision des cultures
SMAS	Système maghrébin d'alerte précoce à la sécheresse
SMIAR	Système mondial d'information et d'alerte rapide de la FAO
SPI	<i>Standard Precipitation Index</i>
SWC	<i>Soil Water Content</i>
SWI	<i>Soil Water Index</i> - Indice du niveau d'eau standardisé
SWSI	<i>Surface Water Supply Index</i> - <i>Indice de l'approvisionnement en eau de surface</i>
TB	Température de brillance
TCI	Indice tenant compte de la Température
UE	Union européenne
UMA	Union du Maghreb arabe
UNDAF	<i>United Nations Development Assistance Framework</i>
USAID	<i>United States Agency for International Development</i>
VAM	<i>Vulnerability Analysis and Mapping</i>
VCI	Indices d'humidité

●●● PARTENAIRES DU SMAS



La commission Européenne

L'Algérie



L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL)



La Direction générale des forêts (DGF)



Office national de la météorologie (ONM)



Centre de recherches scientifique et techniques sur les régions arides (CRSTRA)

Le Maroc



Centre royal de télédétection spatiale (CRTS)



Haut commissariat aux eaux et forêts et de lutte contre la désertification (HCEFLCD)



Direction de la météorologie national (DMN)



Direction de la production végétale (DPV)

La Tunisie



Centre national de télédétection (CNT)



Institut national de la météorologie (INM)



Institut des régions arides (IRA)



L'union du Maghreb Arabe

VERS UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE À LA SÉCHERESSE AU MAGHREB

Le Maghreb est une région où le climat est dominé par l'aridité et où la pluviométrie annuelle moyenne est faible et fluctuante. Il a connu, au cours du dernier siècle, plusieurs épisodes de sécheresse persistante parfois sur plusieurs années, avec des retombées économiques non négligeables. L'insuffisance d'eau affecte d'abord le secteur agricole, qui dépend directement de la pluviométrie, et occupe une superficie importante au Maghreb. Les populations, surtout rurales, sont souvent les premières à trouver des difficultés à satisfaire leurs besoins en eau potable, et à nourrir leur famille et leur bétail, les sécheresses entraînant en général une augmentation des prix des produits agricoles.

Phénomène complexe auquel les pays d'Afrique du Nord sont particulièrement sensibles aujourd'hui, et plus dans le futur selon les conclusions du Groupe inter-gouvernemental des experts sur l'évolution du climat (2007), la sécheresse est un risque naturel dévastateur et insuffisamment compris. Même si quelques initiatives ont été prises pour gérer les épisodes de sécheresse, il n'existe pas de réels systèmes d'alerte précoce dans les pays maghrébins, faute de moyens et d'informations adéquates. Les actions menées jusque-là sont réactives, fragmentaires et non intégrées.

Qu'est-ce qu'une sécheresse ? Quelle est sa typologie ? Ses caractéristiques au Maghreb ? Quelles dispositions sont prises au niveau national pour y faire face ? Quelles sont les lacunes et insuffisances des structures existantes en charge de la gestion de ce phénomène ? Quelle méthodologie adopter pour la mise en place d'un système national opérationnel d'alerte précoce à la sécheresse, véritable outil d'aide à la décision ? Apporter des éléments de réponse, c'est le but du présent ouvrage.

ISBN : 978-9973-856-39-5

Observatoire du Sahara et du Sahel

Boulevard du Leader Yasser Arafat - BP 31 - 1080 Tunis, Tunisie - Tél. : (+216) 71 206 633 - Fax : (+216) 71 206 636

E-mail : boc@oss.org.tn - URL : www.oss-online.org