

SECHERESSE ET GESTION DES RESSOURCES EN CAS DE PENURIE DANS LES PAYS DU SUD ET DE L'EST DU BASSIN MEDITERRANEEN

Albergel J.*, Claude J.* & Habaieb H.**

* Mission IRD BP-434 1004 Tunis El-Menzah

** Inat 43, avenue Charles Nicolle 1082 Tunis

RESUME

Le phénomène de sécheresse est récurrent dans toute l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient. C'est l'un des désastres naturels le plus complexe et le moins compris. Son début et sa fin sont difficiles à prévoir. Il se déroule de manière non dramatique et pourtant ses conséquences sont dévastatrices. Il affecte fortement les populations concernées, pèse sur toutes les activités économiques et en particulier l'agriculture, pluviale ou irriguée. Il a une influence négative sur les écosystèmes aquatiques ou terrestres, sur la quantité et la qualité des eaux souterraines et de surface (salinisation).

Sur l'exemple du déficit hydrique observé en 1998-1999 dans les pays du Moyen-Orient, cette communication décrit le phénomène de sécheresse et ses conséquences. La Syrie a été durement frappée par la pire sécheresse connue depuis l'indépendance du pays. Une récente mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et des approvisionnements alimentaires décrit des perspectives particulièrement alarmantes pour les familles d'éleveurs nomades. Une grande part des bergers nomades risque la ruine, avec 4 700 ménages (plus de 30 000 personnes) gravement touchés par les pénuries alimentaires et nécessitant une aide alimentaire d'urgence.

A partir des longues chroniques pluviométriques de Tunisie, nous étudions la fréquence du phénomène dans le monde Méditerranéen, la difficulté de sa prédiction et l'occurrence des années d'extrêmes déficits ou la probabilité de succession plus ou moins longues d'années déficitaires. Sur la chronique de 127 années de pluviométries annuelles observées à Tunis, 47 années sont nettement déficitaires, 31 proches de la moyenne et 49 sont excédentaires. On distingue trois périodes. De 1875 à 1927, la tendance globale est à la sécheresse, la période de 1928 à 1940 est plus humide, une nouvelle phase sèche de 1941 à 1948 et il semble que depuis 1949 une nouvelle phase humide ait commencé avec cependant des années très sèches (1960-61, 1968-69, 1988-89 et 1993-94). La plus longue période de sécheresse se situant entre 1941 et 1948 (8ans).

Suite à cette analyse du phénomène, les facteurs déterminants de son impact sont mis en évidence. A la lumière des études récentes sur la gestion locale de l'eau dans le bassin méditerranéen, nous présenterons différents éléments pour une stratégie de lutte contre la sécheresse. Nous essayerons de dégager les voies de recherche et de coopération qui permettraient une meilleure gestion des aléas climatiques.

CONTEXTE GENERAL

La maîtrise de l'eau a toujours été un puissant facteur de développement des civilisations du Sud et de l'Est de la Méditerranée (Job, 1992). Depuis la haute antiquité, différents aménagements hydrauliques ont été réalisés pour augmenter l'efficacité des pluies, pour collecter et stocker l'eau ou pour la transporter (El Amami, 1983 ; Prinz, 1995 & 1996 ; Khouri *et al*, 1995). De la simple citerne enterrée, instrument vital de la survie familiale en zone aride, au grand barrage s'inscrivant dans une politique nationale de garantie d'approvisionnement au profit du plus grand nombre, le stockage de l'eau a toujours figuré au premier rang des préoccupations des états du bassin méditerranéen pour lesquels les années de pénurie sont récurrentes et la ressource limitée (Hamdi & Lacirignola, 1994 ; Jaber, 1997 ; ESCWA, 1998).

Les pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient partagent un environnement aride ou semi-aride dans la plus grande part de leur territoire et possèdent des ressources en eau limitées, exception faite de la Turquie.

Ils connaissent une très forte augmentation de la population, 350 millions en 1995 et 613 millions en 2025 (suivant les prévisions démographiques des Nations Unies pour une croissance moyenne de la population) et doivent faire face à une demande croissante des besoins en eau. La plupart exploitent plus de 50% de la ressource en eau renouvelable et quelques-uns près de 100% (Egypte, Gaza, Israël, Libye, Malte, Tunisie). La ressource disponible par an et par habitant, de 3000 m³ par an et par habitant aujourd'hui, tombera à moins de 1000 m³/an/hab en 2025 dans 11 pays et à moins 500 m³/an/hab pour 7 ou 8 pays, ce qui est considéré comme le seuil de pénurie. (Margat & Vallée, 1999). L'agriculture est le premier utilisateur de la ressource en eau avec une politique forte pour le développement de l'irrigation. La demande touristique amplifie la demande en eau en été, les pays du pourtour méditerranéen sont la première destination mondiale. Le développement urbain le long des côtes augmente la demande et les rejets d'eau douce en mer.

A ces prévisions de précarité de la ressource sont associés une estimation croissante de la dépendance alimentaire de ces pays. Les importations en céréales, qui représentent 33% des besoins en 1995, passeraient à 50% en 2025 (Source FAO).

C'est dans ce contexte de précarité croissante de la ressource en eau qu'il faut replacer les problèmes de variabilité inter-annuelle des précipitations et l'occurrence de périodes sèches plus ou moins longues. Cette conférence utilisera le déficit hydrique observé en 1998-1999 dans les pays du Moyen-Orient, pour décrire le phénomène de sécheresse et ses conséquences sur le développement des pays de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. A partir des longues chroniques pluviométriques de Tunisie, elle analysera la fréquence du phénomène, la difficulté de sa prédiction et l'occurrence des années d'extrêmes déficits ou la probabilité de successions plus ou moins longues d'années déficitaires. Dans une troisième partie, nous analyserons les stratégies de lutte contre la sécheresse. Nous essayerons de dégager les voies de recherche et de coopération qui permettraient une meilleure gestion des aléas climatiques.

LA SECHERESSE 1998-1999 DANS LES PAYS DU MOYEN-ORIENT

Suivant la FAO, plusieurs pays du Proche-Orient ont connu, durant l'année agricole 1998-1999, la plus grave sécheresse enregistrée depuis des décennies. La production vivrière a enregistré des baisses particulièrement fortes en Jordanie, en République islamique d'Iran, en Irak et en Syrie. Selon les estimations actuelles, la production totale de céréales dans la sous-région se chiffrera à environ 52,4 millions de tonnes cette année (y compris le riz usiné), soit près de 10 millions de tonnes ou 16% de moins qu'en 1998 et 12% au-dessous de la moyenne des cinq dernières années.

La situation est plus dramatique pour les éleveurs, les taux de mortalité du bétail ayant augmenté du fait de la pénurie de fourrage et d'eau. La sécheresse a de graves répercussions dans de nombreuses régions arides et semi-arides où l'économie est basée sur les exportations de bétail et où les produits de l'élevage fournissent un moyen de subsistance pour de larges segments de la population d'autant plus vulnérable qu'elle dispose de peu de sources de revenu de remplacement.

Caractéristique climatique de la sécheresse de 1998-1999 en Syrie et en Jordanie

Durant l'année hydrologique (du 1^{er} Septembre au 31 Août) 1998-1999, les précipitations ont été inférieures à la moyenne 1989-1998 de 20 à 70% suivant les régions. Le tableau 1 et la figure 1 montre le déficit pluviométrique de cette année, en Syrie, pour 5 grandes régions agro-climatologiques (données FAO) par rapport à la moyenne de la dernière décennie.

TABLEAU 1 : Pluviométrie par région agro-climatologique en Syrie (Données FAO)

Zones agroclimatiques	Superficie Millions ha	Pluviométrie moyenne mm	Pluviométrie moyenne 1998-1999 mm	Déficit 1998-99 /1989-1998 %
Zone 1 (Plaines côtières et anti-Liban)	2.7	Supérieure à 500 mm	400	25
Zone 2 (Nord Tigre et couloir Alep-Homs)	2.5	entre 300 à 500 mm	130	58
Zone 3 (Swaïda, Damas, Euphrate)	1.3	entre 200 à 300 mm	140	39
Zone 4 (Palmyre - Raqqa)	1.8	entre 150 à 200 mm	100	52
Zone 5 (Badia)	8.3	inférieure à 150 mm	60	67

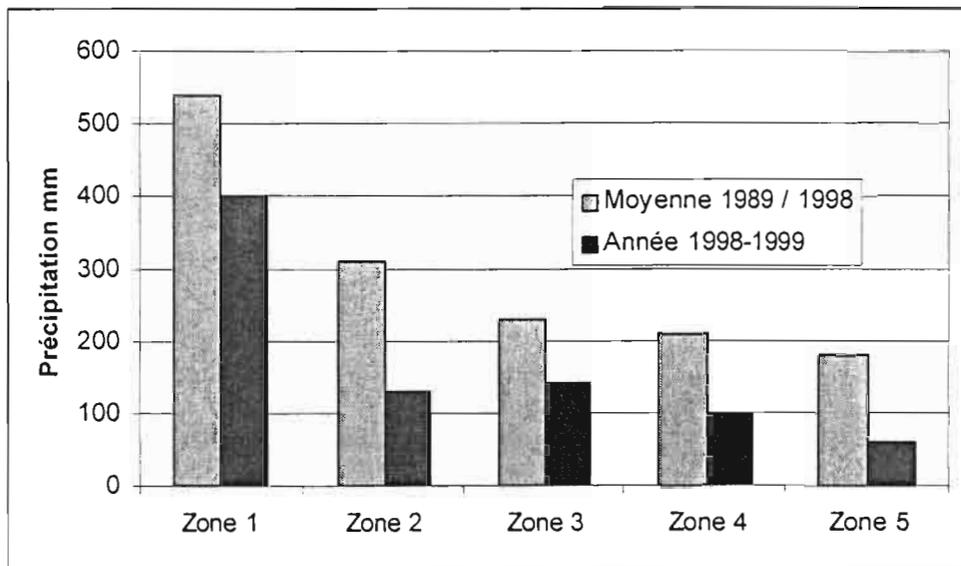


Fig. 1 : Précipitation en Syrie : déficit de l'année hydrologique 1998-1999

Le phénomène de sécheresse marqué par ces forts déficits pluviométriques a été accentué cette année, par le retard du début de la saison pluvieuse. Les précipitations ont commencé partout avec deux mois de retard, elles ont été mal distribuées. La figure 2 compare les données de pluviométrie mensuelle 1998/99 aux moyennes à long terme dans deux stations jordaniennes représentatives situées l'une dans l'Ouest (hautes terres à fortes précipitations), l'autre dans la vallée du Jourdain. Les caractéristiques sont semblables et confirment la mauvaise année sur le plan pluviométrique en particulier pour la vallée du Jourdain.

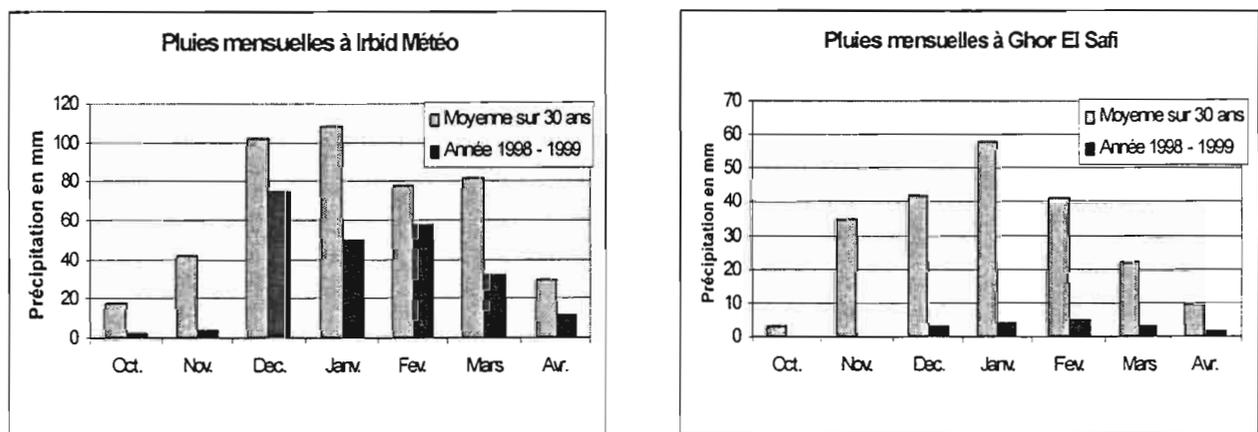


Fig. 2 : Précipitations mensuelles en Jordanie : faiblesse et retard des pluies de 1998-1999 (Source FAO)

Cette baisse des précipitations s'est accompagnée d'une hausse des températures minimales, (Figure 3) qui a accru l'évapotranspiration et exacerbé les problèmes causés par les ravageurs dans les zones irriguées humides.

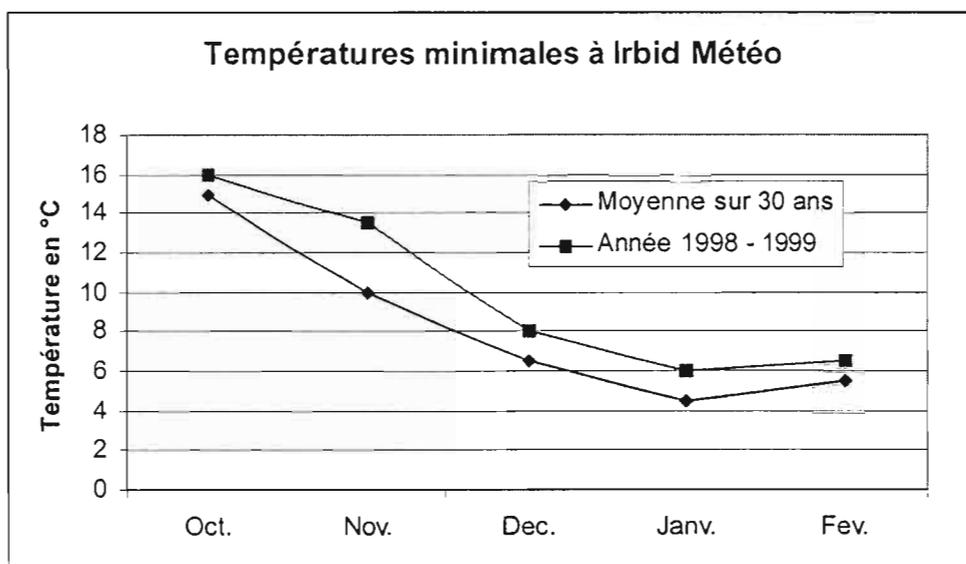


Fig. 3 : Augmentation des températures minimales (source FAO)

INCIDENCE DE LA SECHERESSE SUR LA PRODUCTION DE CEREALES (DONNEES FAO, PAM) !a)

Dans tous les pays de la région, la production de céréales a nettement chuté en 1998-1999. Avec 13 000t de production (pour une moyenne de 97 000t.), la Jordanie enregistre la plus mauvaise récolte de la décennie (Figure 4). Cette récolte couvrira environ 0,6% des besoins de consommation intérieure, contre 10% en temps ordinaire.

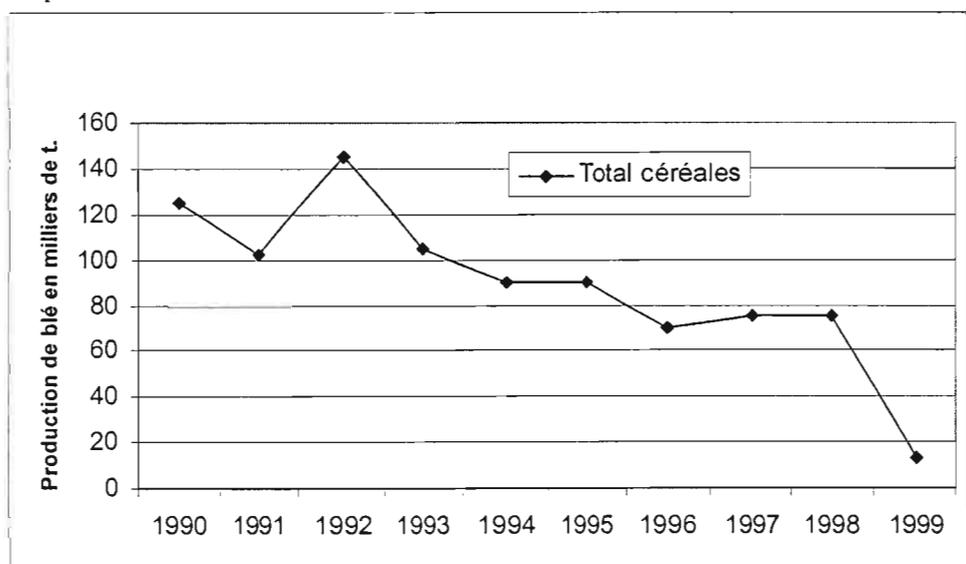


Fig. 4 : Production de céréale en Jordanie (Source FAO)

Les cultures de céréales irriguées ont connu également une chute de rendement mais moins drastique que celles des cultures pluviales. En Syrie, le fait que 40% de la superficie ensemencée en blé soient irrigués explique que cette culture ait été relativement moins touchée que l'orge dont la production estimée à 380 000 tonnes, est inférieure de quelque 72% à la moyenne établie sur cinq ans et de 39% à celle de l'an dernier.

Le blé est essentiellement cultivé sous irrigation ou dans les endroits des zones I, II et III qui bénéficient d'un taux de précipitations relativement élevé. Les rendements ont quand même diminué, et se situent, dans les zones de cultures pluviales, entre 15 et 46% de la moyenne calculée sur 5 ans. La figure 5

montre les variations de production de blé en Syrie au cours de la dernière décennie. La production en blé pluvial est cette année la pire enregistrée.

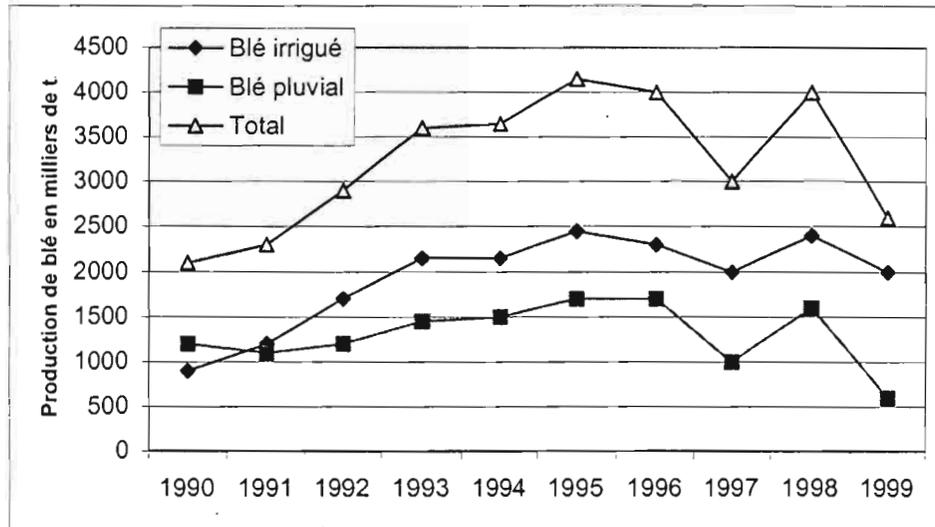


Fig. 5 : Production en blé irrigué et en blé pluvial en Syrie (Source FAO)

INCIDENCE DE LA SECHERESSE SUR L'ELEVAGE

L'élevage est un secteur important de l'économie régionale. Il emploie environ 20% de la population active et constitue la source de revenu et le mode de subsistance principaux des éleveurs bédouins.

La Syrie compte un cheptel d'environ 15 millions d'ovins, 1.2 millions de caprins, 900 000 bovins, ainsi qu'une assez grande quantité de volailles. Les bovins et la volaille sont essentiellement nourris de maïs et d'orge produits dans le pays, ainsi que de céréales et d'aliments concentrés importés et ont peu souffert de la sécheresse.

D'octobre à janvier, les ovins se nourrissent de fourrages fournis à des prix subventionnés ou achetés sur le marché libre. À la fin de la saison des pluies, de mars à mai, les troupeaux paissent la végétation des parcours, puis dès le mois de mai ou de juin, se déplacent vers les zones agricoles de cultures pluviales ou irriguées (les zones I à IV), où ils sont nourris avec des résidus d'orge, de blé, de betterave sucrière, de coton, de maïs et de légumes. On les mène paître également sur les terrains de parcours situés dans les montagnes côtières.

La sécheresse a eu plusieurs effets sur l'affouragement :

les faibles précipitations dans toute la région des steppes a freiné le développement des pâturages

la production d'orge pluvial a enregistré une forte baisse;

les réserves de résidus de cultures ont également fortement diminué, en raison de la chute de la production agricole.

Selon les estimations de la FAO, la végétation des pâturages n'a pratiquement pas fourni de fourrage en 1998-99, alors que la production de fourrage sec est, dans les années normales, de 165 kg/ha (soit l'équivalent de 94 kg d'orge). Dans les zones de cultures pluviales, la sécheresse a entraîné une diminution d'environ 64% des pailles, qui sont passées d'environ 4,8 tonnes par hectare en moyenne pendant les années normales à 1,7 tonnes par hectare cette année.

Cette pénurie de fourrage a entraîné une forte augmentation du taux de mortalité animale, frappant essentiellement les agneaux nouveau-nés, et une moindre résistance des animaux à diverses maladies. En 1998-99, le taux de mortalité des femelles adultes a été de 10% du troupeau, contre 3% pendant les années normales. Pour les agneaux, ce pourcentage a atteint 25%, contre 4% en temps normal. Les maladies et la pénurie de fourrage ont poussé les éleveurs à réduire considérablement leur troupeau. Ceci a provoqué une baisse du prix des moutons, qui est passé d'environ 4 000 livres syriennes¹ l'an dernier à 600-800 livres syriennes au mois de juillet de cette année.

¹ 1 US \$ = 46 £ syriennes

Cette chute des revenus provenant de la vente des ovins et de leurs produits a amené bon nombre d'éleveurs nomades au bord de la ruine. Les chiffres du tableau 2 montrent cette forte amputation du revenu des ménages. Selon la FAO, les recettes nettes d'un ménage nomade possédant une centaine d'ovins sont passées cette année d'environ 157 000 livres syriennes dans les années normales à un revenu négatif qui s'établit à : - 112 000 livres syriennes.

TABLEAU 2 : Revenus provenant de l'élevage d'ovins 1998/99 comparés aux années normales : 100 têtes dont 65 femelles adultes et 35 animaux de remplacement (Sources FAO)

	Ventes £ syriennes				Dépenses £ syriennes	Revenu net £ syriennes
	Agneau	Lait	Laine	Animaux réforme ³	Fourrage essentiellement	
Année normale	110 400 ¹	60 000	4 500	15 750	33 600	157 050
1998-1999	28 600 ²	16 400	4 220	31 500	192 650	-111 930

¹ 46 animaux @ 30 kg/tête x 80 SP/kg

² 22 agneaux @ 20 kg/tête x 65 SP/kg

³ En raison des pénuries de fourrage, le nombre d'animaux de réforme a augmenté en 1998/99

Malgré de meilleures précipitations en 1999-2000, les éleveurs n'ont pas surmonté les effets de cette sécheresse. De fait, il se peut que certains ne puissent plus reconstituer leur troupeau. La FAO, dans ces rapports sur cette sécheresse, indique qu'en automne 1999, 329 000 personnes en Syrie et 180 000 dans le Royaume de Jordanie ont eu besoin d'une aide alimentaire d'urgence.

Pour des pays essentiellement tournés vers l'agriculture, une sécheresse de cette ampleur ressemble à un cataclysme naturel se déroulant de manière progressive, passant dans les médias bien après les tremblements de terre ou les éruptions volcaniques. Les aides d'urgences ont du mal à se mettre en place.

Cette situation météorologique est pourtant récurrente dans l'ensemble des pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord. L'Afrique du Nord souffrait du même type de sécheresse en 1993-1994 et 1994-1995. Les conséquences désastreuses de la sécheresse 1994-1995 sur l'élevage d'ovins au Maroc avait conduit le Roi Hassan II à demander de surseoir au sacrifice rituel de l'Aïd Kebir, l'année suivante pour permettre au troupeau de se reconstituer.

A partir des chroniques de pluviométrie de longue durée, homogénéisées et critiquées de quelques villes tunisiennes, nous allons étudier dans la seconde partie de cette conférence l'occurrence des années d'extrêmes déficits ou la probabilité de succession plus ou moins longues d'années déficitaires

ETUDE DE LA SECHERESSE A PARTIR DES CHRONIQUES PLUVIOMETRIQUES DE TUNISIE

Cette étude porte sur 9 stations pluviométriques réparties dans six zones agroclimatiques de la Tunisie. Les données de pluviométries annuelles de ces stations ont été homogénéisées sur une période commune 88 années observées (1901 à 1990), (Données DGRE) et deux stations Tunis Manoubia et Kairouan pour lesquelles nous avons eu des données de 1872 à 1998 pour la première et 1901 à 1998 pour la seconde.. Les méthodes d'analyse sont reprises de nombreuses études réalisées en Tunisie : (Bousnina, 1986 ; Sakis, 1990 ; Benzarti, 1990 ; Habaïeb & Benzarti, 1998).

ETUDE FREQUENTIELLE, VALEUR DES DEFICITS EXTREMES ET COMPARAISON AVEC LES VALEURS MEDIANES

Une chronique de pluviométrie annuelle représentative de chaque zone climatique est obtenue en faisant la moyenne des postes étudiés dans la zone. Un ajustement statistique est recherché pour chacune de ces chroniques. La figure 6 montre l'ajustement d'une loi de Goodrich à la chronique pluviométrique de Kairouan.

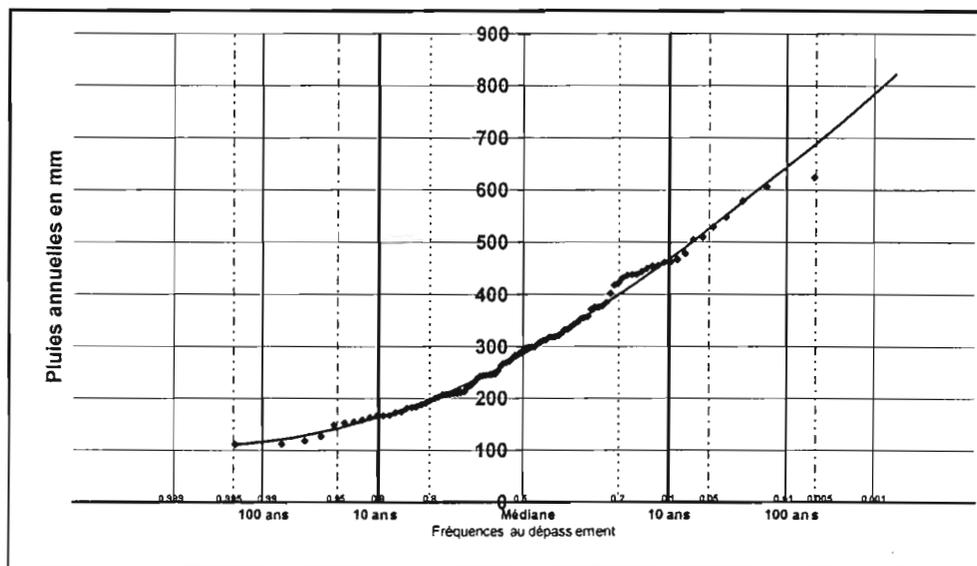


Fig. 6 : Ajustement statistique de la chronique représentant le poste de Kairouan

Le tableau 3 donne les valeurs des pluviométries de fréquence sèche, médiane et humide pour ces 6 régions. Le rapport de la décennale sèche sur la médiane (K10) exprimée en % permet d'apprécier la sévérité des années déficitaires. Plus ce rapport est petit, plus la loi est dissymétrique vers les valeurs de faible pluviométrie. Ce rapport varie entre 40 et 75%, et c'est dans le Nord-Ouest que les précipitations sont les plus régulières.

TABLEAU 3 : Valeur de pluviométries pour des fréquences sèches ou humides

Zone	100 S mm	50 S mm	20 S mm	10 S mm	5 S mm	M mm	5 H mm	10 H mm	20 H mm	50 H mm	100 H mm	K10. %
Nord Ouest	466.7	490.6	532.0	574.2	632.4	761.7	908.6	990.4	1059.9	1140.4	1195.1	75.4
Nord Est	219.6	230.2	252.8	280.5	324.2	437.4	583.3	669.6	745.2	834.1	895.4	64.1
Centre	113.9	124.0	143.0	164.0	195.3	274.3	379.9	447.2	510.0	590.1	650.1	59.8
Sahel	130.2	139.2	157.0	177.7	210.2	298.2	425.7	509.8	588.9	688.6	761.7	59.6
Sud Ouest	38.0	46.0	61.1	77.7	101.4	155.2	215.9	249.1	277.0	308.6	329.8	50.1
Sud Est	6.0	14.7	28.9	42.8	61.8	106.5	166.7	206.5	244.7	294.1	331.2	40.2

ETUDE DES PERIODES DEFICITAIRES PAR LES INDICES DE PLUVIOSITES ET LES ECARTS A LA MOYENNE

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne :

$$E_i = \frac{P_i}{P_m} - 1$$

E_i = indice de l'année i , P_i = Pluviométrie de l'année i (mm), P_m = Moyenne des pluies sur la chronique considérée. Le rapport P_i sur P_m est appelé indice de pluviosité.

Une année peut être qualifiée de normale si l'écart à la moyenne est proche de 0. Nous dirons qu'une année est normale si cet écart est compris entre -0.1 et +0.1 (déficit ou excédent inférieur à 10%). L'année est considérée déficitaire lorsque E est inférieur à -0.1 et excédentaire lorsque E est supérieur à +0.1.

Le cumul de ces écarts sur des années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année sur l'autre : quand la somme des indices est croissant on peut dire que la période est humide et vice versa..

Sur la chronique de 127 années de pluviométries annuelles observées à Tunis, l'étude des écarts relatifs à la moyenne montrent que 47 années sont nettement déficitaires, 31 proches de la moyenne et 49 sont excédentaires (figure 7).

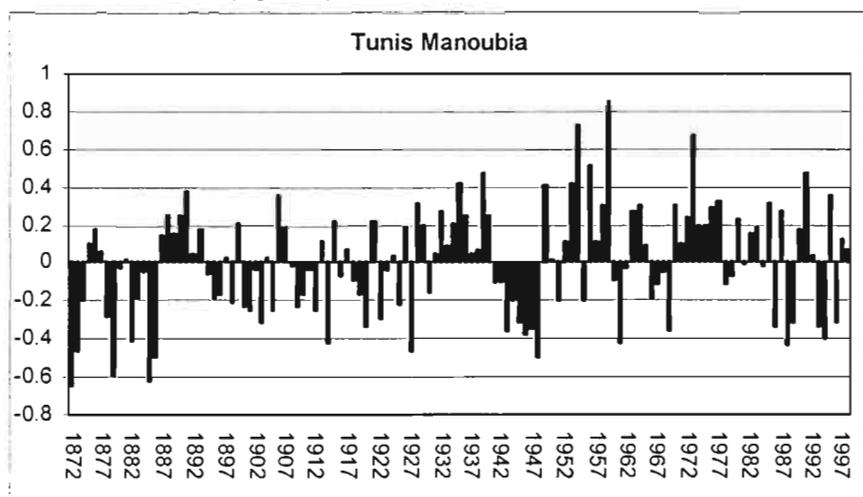


Fig. 7 : Ecart relatif à la moyenne des pluviosités Tunis Manouba (1872-1998)

Le cumul de ces écarts permet de distinguer trois périodes. De 1875 à 1927, la tendance globale est à la sécheresse, la période de 1928 à 1940 est plus humide, une nouvelle phase sèche de 1941 à 1948 et il semble que depuis 1949 une nouvelle phase humide ait commencé avec cependant des années très sèches (1960-61, 1968-69, 1988-89 et 1993-94). La plus longue période de tendance à la sécheresse se situe entre 1941 et 1948 (8ans) (Figure 7bis).

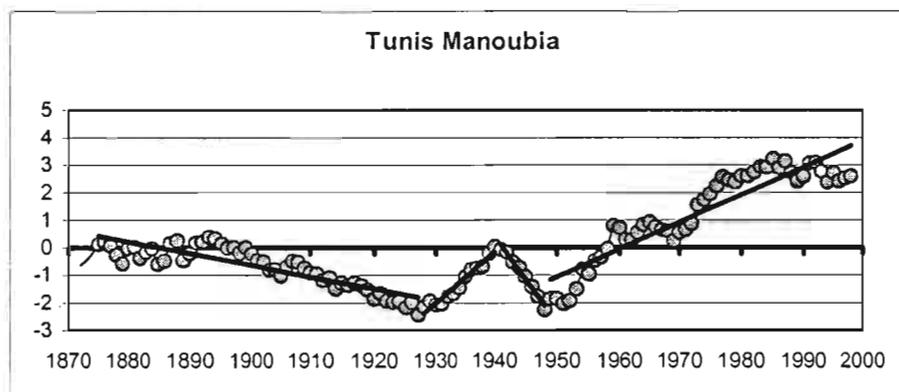


Fig. 7 bis: Ecart relatif cumulé Tunis Manouba (1872-1998)

Le tableau 4 consigne les résultats de l'application de la méthode de l'écart à la normale pour les 6 régions agroclimatiques du pays et pour la station de Tunis.

TABEAU 4 : Analyse de la sécheresse par la méthode des écarts à la moyenne

Région	Nbre et % d'années déficitaires	Nbre et % d'années normales	Nbre et % d'années excédentaires	Nbre de séquence sèche > 1 année	Séquence sèche de plus longue durée
Tunis	47 (37%)	31 (24%)	49 (39%)	12	8 ans
Nord Ouest	28 (31%)	37 (41%)	25 (28%)	6	4 ans
Nord Est	35 (38%)	23 (25%)	35 (38%)	6	8 ans
Centre	45 (46%)	20 (20%)	33 (34%)	10	6 ans
Sahel	44 (49%)	17 (19%)	28 (31%)	9	5 ans
Sud Ouest	40 (44%)	15 (17%)	35 (39%)	11	4 ans
Sud Est	46 (53%)	6 (7%)	35 (40%)	6	8 ans

ETUDE STATISTIQUE DE LA PERSISTANCE DE LA SECHERESSE

En conservant comme critère de sécheresse, le fait qu'une année présente une pluviométrie inférieure à 10% à la moyenne de la chronique, nous nous proposons de calculer les probabilités suivantes :

P1 = Probabilité pour qu'une année de non-sécheresse soit suivie par une année de sécheresse

P2 = Probabilité pour qu'une année de sécheresse soit suivie par une seconde année de sécheresse

P3 = Probabilité pour que deux années successives de sécheresse soient suivies par une troisième année de sécheresse

En utilisant la méthode des chaînes de Markov d'ordre 1 pour le calcul des deux premières probabilités et celles d'ordre 2 pour le calcul de la suivante, (Habaïeb & Benzarti 1998) nous trouvons les résultats présentés au tableau 5, un peu moins sévères que ceux présentés par ces auteurs :

TABLEAU 5 :Application des chaînes de Markov pour calculer une persistance de sécheresse

Région	P1 1 an pas sec/an sec	P2 1 an sec/an sec	P3 2 ans secs/an sec
Tunis (127 années)	22%	15%	14%
Région Nord Ouest	19%	11%	11%
Région Nord Est	19%	23%	22%
Région Centre	23%	24%	23%
Sahel	28%	23%	22%
Région Sud Ouest	25%	35%	34%
Région Sud Est	26%	21%	21%

Ce tableau montre que la persistance d'une sécheresse trois années de suite, sans préjuger de sa sévérité n'est pas un événement exceptionnel. Il a une probabilité de 11% dans le Nord Ouest entre 20 et 25% dans le Nord Est, Centre et Sahel de plus de 30% dans le Sud Ouest. Dans tout le territoire, la probabilité qu'une année sèche soit suivie par une seconde année de sécheresse est à peu près la même que celle qu'une année non sèche succède une année sèche.

Les capacités de régulation interannuelle de la ressource en eau de la Tunisie avec 17 grands barrages, et plus de 2000 forages profonds permettent de satisfaire les demandes les plus urgentes pendant trois ans comme l'a montré le dernier épisode de sécheresse 1993-1995. La poursuite de la politique de mobilisation des eaux devrait conduire ce pays à mobiliser l'ensemble de sa ressource en eau dans très peu de temps (Jeune Afrique économique, Juillet 1994)

Si l'on généralise cette étude menée en Tunisie, pays où sont présents tous les étages du climat méditerranéen, on peut conclure que l'irrégularité des précipitations annuelles est une donnée de ce type de climat. Les déficits pluviométriques comparés aux moyennes peuvent être extrêmes. Ce dernier siècle a connu pratiquement autant d'années déficitaires que d'années "normales" ou excédentaires. L'analyse des tendances montre une fin du 19^{ème} siècle plutôt humide (pour quelques stations observées) une première moitié du 20^{ème} siècle avec une tendance à l'assèchement. La période 1950 à 1980 est globalement plus humide et il semblerait que depuis une phase plus sèche ait commencé.

En dernière partie et conclusion de cette conférence, nous aimerions discuter des stratégies contre les effets de la sécheresse et comment la coopération régionale en matière de recherche développement peut aider leur mise en place et les améliorer.

STRATEGIES DE LUTTES CONTRE LES SECHERESSES

Dans tous les pays de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, la sécheresse n'est pas un phénomène nouveau. Il est partout intégré par les cultures locales. Toutes les civilisations, qui se sont succédées, ont élaboré des stratégies de lutte contre la sécheresse. L'ancien testament décrit comment les tribus d'Israël ont quitté leur pays et ont demandé l'hospitalité au Pharaon d'Egypte durant une des grandes sécheresses du passé.

Aujourd'hui, les différents Gouvernements, aidés par des organisations régionales et internationales mettent en œuvre différentes stratégies de lutte contre les sécheresses que l'on peut diviser en deux groupes :

- Les grands travaux qui consistent à améliorer l'équipement hydraulique du pays pour la mobilisation et le stockage de l'eau. Les aménagements ruraux de conservation des eaux et des sols, les travaux d'amélioration des parcours.

- L'organisation des structures institutionnelles qui permettent de lutter contre la sécheresse. Ces structures ont comme objectif d'intégrer les risques de "sécheresse" dans la planification économique et de donner aux zones rurales les moyens de résister à la sécheresse. Elles doivent posséder des outils d'aide à la décision pour déclencher un programme d'urgence dès qu'une sécheresse est décelée.

Equipement hydraulique et lutte contre la sécheresse

Durant les décennies 70 et 80, un très grand effort de construction de grands barrages a concerné toute notre région d'étude. Dans la décennie actuelle, une préférence est donnée aux ouvrages de petite et moyenne hydraulique (Albergel & Rejeb, 1997). En Tunisie, par exemple, sur un potentiel de 2100 millions de m³/an de ressources en eau de surface techniquement mobilisable par des barrages, 1425 millions le sont (Selmi & Nasri, 1997).

Ces ouvrages ont permis une véritable révolution agricole dans le bassin méditerranéen. La période de trois années sécheresse (1993-1995) a pu être surmontée en Tunisie sans rationner l'eau ni à l'agriculture, ni aux villes, au tourisme ou à l'industrie.

Le talon d'Achille de ces aménagements est la forte évaporation de ces régions et surtout la quantité de sédiments qui viennent chaque année combler les barrages. On estime qu'au Maroc 9 milliards de m³ s'évaporent chaque année, soit 33% de la pluviométrie donnant 30 milliards de m³. L'expérience mondiale évalue le taux de perte annuel en volume des barrages par envasement dans une fourchette de 3 à 10 % (Gazzalo & Bassi, 1969 ; Karouachov, 1977). En Tunisie, le suivi des aménagements montrent une perte moyenne du volume des grands barrages de 25 millions de m³ par an, soit environ 2% et pour les petits barrages ce volume perdu passe à 5% (Boufaroua & Albergel, 1999). A l'horizon de 2020, de nombreuses régions devront gérer une période post-barrage.

Pour réduire l'envasement des barrages et la perte des terres agricoles, les pays se sont lancés dans des politiques d'aménagement d'ouvrages de conservation des eaux et des sols. Au début de la décennie 1990, la Tunisie, avec l'aide de la Communauté Européenne a mis en œuvre un ambitieux programme de construction de 1000 lacs collinaires et de 200 barrages collinaires dans la zone semi-aride.

Actuellement, le stockage de l'eau dans les aquifères apparaît comme la solution la plus pertinente pour lutter contre des périodes sèches. Elle permet de mettre les excédents stockés pendant les années excédentaires à l'abri de l'évaporation. La taille de ces réservoirs ne risque pas de diminuer. Le seul risque est une pollution par des solutés qui ne seraient pas arrêtés par le milieu poreux traversé durant la phase d'infiltration. De nombreux pays ont reconverti certains barrages pour faire de la recharge de nappes. Le barrage de El Aouareb sur le Merguelill en Tunisie, est géré actuellement essentiellement pour des lâchers d'eau en vue de recharger la nappe phréatique de la vallée de Kairouan, en aval. Cette expérimentation, qui suscite l'intérêt de tous les pays de la région, est suivi dans le cadre du réseau de recherche : "Wadi Hydrology" du Programme International d'Hydrologie (PHI, UNESCO).

Les systèmes karstiques des montagnes calcaires présentent aussi de bonnes possibilités de stockage des eaux. La source de Fighé, qui alimente en partie Damas en eau potable, a un débit de 20 à 30 m³s⁻¹ en hiver et de seulement 3 m³s⁻¹ en été. On projette de stocker l'excès hivernal (où les besoins sont de 15 m³s⁻¹ seulement) dans le sous-sol (sources ACSAD), une étude technique est en cours à ce sujet et une recherche d'aspect plus scientifique est proposée dans le cadre d'un projet INCO-MED de l'Union Européenne.

Renforcements institutionnels

A partir des expériences du passé, les interventions d'urgence à mener en cas de sécheresse s'articulent sur les quatre points suivants :

- l'approvisionnement en eau potable des villes et des campagnes et l'alimentation en eau du bétail,
- la sauvegarde du cheptel sur la base d'une connaissance du déficit fourrager,
- le soutien financier des agriculteurs les plus touchés par la sécheresse et l'approvisionnement en semences en vue de la campagne suivante,
- l'accroissement de l'emploi dans les campagnes. L'un des risques sociaux majeurs des sécheresses est l'exode rural, compte tenu de la baisse des revenus agricoles et de la baisse des emplois saisonniers dans les fermes. L'importance de l'exode agricole (abandon de l'activité agricole par familles qui restent sur leurs fermes) avec le recours à des activités extra-agricoles est un phénomène majeur constaté dans le Maghreb d'aujourd'hui et en particulier en Tunisie. Il a remplacé l'exode rural massif (abandon des terroirs) des années 70 (Aït Amara 1990, Guillermou, 1999)

Pour programmer et réaliser ces interventions, les Etats mettent en place des structures de prévision et/ou d'identification des sécheresses. Pour prendre leur décision, elles doivent pouvoir compter sur différentes données fiables et suffisamment élaborées pour être interprétées par les instances de décisions.

Ces informations sont de deux sortes : des prévisions et des constats. Les prévisions portent sur les tendances climatiques, les précipitations et l'évaporation, les ressources en eau disponibles et mobilisables, les parcours et les récoltes. Les constats se font dès les premières apparitions du phénomène et portent sur l'état de crise dans chaque région et sur l'efficacité des mesures mises en place, ils doivent accompagner toute la période de sécheresse et en tirer des leçons pour les prochaines.

M. Bernardi (1996) dans une étude de la FAO pour la planification des stratégies anti-sécheresse au Maroc recommande une structure à quatre niveaux où les rôles de chaque entité sont bien déterminés :

- un niveau de base comprenant les fournisseurs de l'information qui font un suivi régulier des indicateurs clé et les prévisions (Comité Agrométéorologique de Suivi de la Sécheresse)
- un deuxième niveau dans lequel on détermine l'impact de la sécheresse dans les différents secteurs de la vie socio-économique du pays (Comité d'Evaluation de l'Impact de la Sécheresse)
- au troisième niveau, on trouve les autorités qui proposent les mesures à prendre sur la base des informations reçues (Cellule de Suivi de la Sécheresse)
- au niveau le plus élevé se trouve le Cabinet du Premier Ministre qui, en concertation avec les Ministères du Plan, des Finances et de l'Agriculture, autorise les actions d'urgence et propose au Gouvernement un plan d'intervention à moyen et à long terme afin d'atténuer les effets de la sécheresse.

Du premier niveau, dépend le programme de stratégie et il est celui où les outils sont encore les moins performants et pour lequel la recherche peut apporter de nombreux éléments.

Prévision à long terme

Des informations fiables sur la qualité des saisons à venir faciliteraient la préparation et l'exécution de meilleures politiques de lutte contre la sécheresse, et les investissements nécessaires

Cette prévision à long terme est toujours difficile et reste à une échelle continentale ou régionale. Si aujourd'hui, l'effet de serre est constaté et l'élévation global des températures indéniables, aucune certitude sur les précipitations n'est connue. Sur la rive nord de la Méditerranée de nombreux programmes de recherche ont été initiés sur les conséquences du réchauffement sur les flux d'eau, et leurs nouvelles répartitions entre les différents compartiments du cycle de l'eau (programme européen de recherche sur l'environnement)

Prévision à moyen terme

La prévision à moyen terme est celle pour laquelle les bénéfices sont les plus importants. Ces bénéfices sont référés à l'amélioration des outils tels que les systèmes d'alerte rapide, à la rationalisation des planifications des réserves céréalières stratégiques et l'amélioration des échanges des denrées alimentaires entre les pays de la région. Pour la première fois, ceci donne aux Gouvernements la possibilité d'intégrer la variabilité climatique dans le processus de gestion économique (Bernardi, 1996).

Cette prévision devient fiable en particulier sur toutes les infrastructures hydrauliques grâce aux réseaux météorologiques, aux réseaux hydrologiques et piézométriques et aux différents observatoires de la production agricole et des parcours. A cette échelle, des programmes de l'OMM, de l'UNESCO, de l'OSS, encouragent la connexion de l'information et de la prévision : Programme Med Hycos, programme AMHY, les observatoires de l'environnement du projet ROSELT.

Prévision à court terme

La prévision pendant la saison en cours a une importance fondamentale dans l'amélioration des modèles de prévision du remplissage des barrages, de l'état piézométrique des nappes souterraines, des rendements des cultures. Une meilleure prestation de ces modèles, avec une résolution majeure tant à l'échelle spatiale que temporelle, pourrait fournir des informations plus fiables au cours de la saison. Ces informations, intégrées avec d'autres telles que le zonage et l'occupation des sols, sont à la base d'un système d'alerte précoce (Bernardi, 1996).

Le progrès de l'imagerie satellitaire et les systèmes d'informations géographiques ont beaucoup contribué au développement de ces modèles.

CONCLUSION

Cette présentation a essayé de donner une description des sécheresses connues dans les pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Elle a montré que ce phénomène est une donnée intrinsèque du climat méditerranéen. Elle a esquissé un cadre général de la stratégie de lutte contre les effets de la sécheresse à envisager dans un pays exposé à ce risque.

Il est évident qu'elle a gommé les particularismes régionaux qui sont pourtant très importants dans la stratégie de lutte contre la sécheresse. Plusieurs facteurs très régionaux déterminent l'impact économique de la sécheresse: les conditions économiques courantes, la gestion des ressources en eau, les prix des denrées alimentaires, l'importance des activités agricoles dans l'économie régionale, et la place des cultures irriguées, les niveaux des réserves céréalières, les capitaux dont disposent les éleveurs....

Une bonne stratégie de lutte contre la sécheresse doit pouvoir disposer d'informations élaborées sur le climat, les ressources en eau, la production agricole, les parcours et sur l'état économique des populations concernées.

Les outils d'aide à la décision qui vont permettre de prévoir un état de sécheresse et de déclencher un programme d'urgence sont encore balbutiants pour le long terme. Sur le moyen terme, un grand progrès dans la spatialisation des données et la modélisation des agro-systèmes a permis de mieux intégrer les risques de "sécheresse" dans la planification économique. La modélisation hydrologique permet aussi une bonne prévision à moyen terme de l'état de remplissage des barrages et donne un outil précieux pour leur gestion.

Sur le court terme les données obtenues par observations satellitales, combinées à celles collectées au sol par les services spécialisés ont aidé à la constitution d'outils d'aides à la décision très performants.

BIBLIOGRAPHIE

- AIT AMARA H. (1990) Pression démographique et dynamique des structures agraires au Maghreb. *Le Monde en développement*. Tome 18 - 1990 n°7 p9-17
- ALBERGEL J. & REJEB N. (1997) : Les lacs collinaires en Tunisie : Enjeux, contraintes et perspectives. *Comptes rendus à l'Académie d'Agriculture de France*. Vol 83 n°2 (1997) 77(2)-88(2) et 101(2)-104(2).
- BENZARTI Z. (1990) : La pluviométrie indice de sécheresse. Tendances pluriannuelles. in *Ressources en eau de Tunisie*. DGRÉ Tunis, pp. 10-22.
- BERNARDI M. (1996) La planification des stratégies contre les effets de la sécheresse. Service de l'Environnement et des Ressources Naturelles (SDRN) FAO Rome. Site Web FAO.ORG
- BOUFAROUA M., ALBERGEL J, PEPIN Y. (à paraître) Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale Tunisienne. 5ème Conf. Inter.de géologie du Monde Arabe, Le Caire, 21-24 fév 2000.
- BOUSNINA A. (1986) : La variabilité des pluies en Tunisie. *Fac des Sciences humaines et sociales de Tunis*. Impr. Offic. 308p.
- EL AMAMI S. (1983) : Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. CRGR, Tunis, Tunisie.
- ESCWA (1998) : *Transboundary water resources in the ESCWA region. Utilization, management and cooperation*. E/ESCWA/ANR//7, Nations Unies, New, York.
- GAZZALO T. & BASSI G., 1969. Contribution à l'étude du degré d'érosion des sols constituant les bassins versants des cours d'eau italiens. Extraits de publications de l'Agence Italienne d'Hydraulique, n° 53.
- GUILLERMOU Y. (1999) Villes et campagnes en Algérie. *Autrepart* (11) Paris pp47-60
- HABAÏEB H. & BENZARTI Z. (1998) : Etude de la persistance de la sécheresse en Tunisie en utilisant les chaînes de Markov. *Journées Scientif. de l'ENGREF*, 28-29/10/98. 23p.
- HAMDI A & LACIRIGNOLA C. (1994) : Water resources management in the Mediterranean basin. In Hamdi A. (ed), *Land and water resources management in the Mediterranean region*. International Conference, Valencano, Bari, 4-8 sept 1994, pp. 1-28, CIHEAM/IAM, Valencano, Italy.
- JABER B. (1997) : La problématique de l'eau au Liban, Ministère des Ressources Hydrauliques, Beyrouth, Liban, 14 p.
- JOB J.O. (1992) : Les premiers aménagements hydroagricoles en Mésopotamie et les problèmes de sels. In : *l'aridité, une contrainte au développement*, Cornet A. et Grouzis M. ed., Collection Didactiques, Orstom, Paris.p : 474-480.
- KARAOUCHOV A.V., (1977) Les débits solides , analyses et répartition géographiques. *Hydrométéorologie*, Leningrad, 238 p.
- KHOURI J., AMER A., Salih A. (1995) : rainfall water management in the Arab region. UNESCO/ROSTA working group. ROSTA, Le Caire.
- MARGAT J. & VALLÉE D. (1999) : Executive summary of the Mediterranean Regional Vision Blue Plan MEDTAC, Stockholm Août 1999.

- PRINZ D. (1995) : Water harvesting in the mediteranean environment. Its past role and future prospects. In Tsiourtis N. (ed), water resources management in the Mediteranean under drought or water shortage conditions. Proceedings, International Symposium, Nicosia, Cyprus 14-18/03/1995, pp. 135-144, Balkema, Rotterdam.
- PRINZ D. (1996) : Water harvesting. History, techniques and trends, Z. f. Bewässerungs - wirtschaft 31, 1, pp. 64-105.
- SAKIS N. (1990) : Les aspects climatiques de la sécheresse. in Ressources en eau de Tunisie.DGRE Tunis, pp. 10-22.
- SELMI S. & NASRI S (1997) : Synthèse préliminaire sur les lacs collinaires de Tunisie. Programme HYDROMED. INGRES-ORSTOM Tunis 1997. 53P.