

Ressources en eau des zones arides et semi-arides au Maghreb

Yamna Djellouli, Professeur

Directrice du GREGUM-UMR CNRS 6590 - ESO (Espaces Géographiques et Sociétés) Université du
Maine, avenue Olivier Messiaen 72 085 LE MANS cedex 9 (France)
Tél : 33 (0) 2-43-83-37-85 / 31-83 fax : 33 (0) 2-43-83-38-84 / 31-92
Email : Yamna.Djellouli@univ-lemans.fr

Mots clés : « ressources en eau », « zone aride », « gestion de l'eau », « climat méditerranéen aride », « écosystème steppique »

Keywords: « water resources », « arid zone », « water management », « arid Mediterranean climate », « steppe ecosystem »

Résumé

L'étude présente l'état actuel des ressources en eau dans l'ensemble des zones arides et semi-arides méditerranéennes du Maghreb : Maroc, Algérie, Tunisie et Libye, à travers les contraintes naturelles, climatiques et anthropiques et les réponses que tentent d'apporter les utilisateurs tant traditionnels que modernes, ainsi que les autres acteurs.

La zone étudiée est en effet caractérisée par une nette baisse de la pluviométrie durant ces dernières décennies, par une augmentation de la population humaine et l'extension des activités agricoles et pastorales. Ceci oblige à mettre en œuvre des stratégies de gestion pour les ressources en eau disponibles, que ce soit au niveau des ménages, des paysans, des éleveurs, des villes, des entreprises et des aménageurs. En ce qui concerne cette dernière partie, l'étude s'appuie sur un certain nombre de cas concrets pris dans les quatre pays de la zone considérée en zone aride et semi aride.

Abstract

The study presents the actual state of water resources in the mediterranean aride and semi-arides zones of Algeria, Tunisia and Libya through natural climatic and man made constraints as well as through users' and other actors' responses (both traditional and modern).

The studied zone is indeed characterized by a real decrease of rainfall during the recent years, and increase of human population and the extension of rural activities (agriculture and breeding). These facts are leading to the settlement of a better management strategy for available resources at the family level, at the farmer level, at the breeder level, at the town level, at the entreprise level and at the level of equipping. For this last part of the study, concrete examples in each of the four countries of this arid and semi arid zone are described.

Introduction

Le Maghreb est situé entre l'espace méditerranéen et l'espace saharien, il subit des influences climatiques contrastées où les précipitations sont insuffisantes et irrégulières, les variations interannuelles et saisonnières très marquées, l'évaporation intense et les températures élevées avec une amplitude plus ou moins forte.

S'étendant sur 576.500 Km², les zones arides et semi arides du Maghreb sont soumises à un climat méditerranéen, caractérisé par une période sèche estivale plus ou moins longue, allant de 4 à 12 mois secs, selon le degré d'aridité (semi aride, aride et per aride), la période pluvieuse peut être en automne, en hiver ou au printemps et ce, selon la position géographique des stations (Le Houerou, 1974, Djellouli, 1990). On peut considérer le climat comme étant à dominance aride, même si les « poches humides » où les précipitations paraissent élevées (>1000 mm/an), n'échappent pas à cette emprise pendant quelques mois (figure 1).

Cette aridité touche une grande partie de la région, depuis les rives de la méditerranée (littoral ouest algérien, sud tunisien et marocain, nord libyen), s'étend sur les hautes plaines marocaines, tunisiennes et algériennes, souvent à vocation pastorale et s'accroît sur la bordure du Sahara septentrional. C'est dire l'amplitude des espaces soumis à cette contrainte climatique et les surfaces menacées par le processus de désertification qui s'élève à plus de 120 millions d'ha selon la Convention internationale de la lutte contre désertification (UNCCD) et atteint 445 millions d'ha considérés actuellement comme désertiques.

Les populations maghrébines sont de plus en plus touchées lors des sécheresses, plus fréquentes, car depuis la décennie excédentaire de 1950 à 1960, on retient un déficit relativement faible de 1960 à 1970, qui s'installe sérieusement depuis lors. Ces zones sont pauvres en ressources en eau naturelles, en grandeur absolue aussi bien que par rapport à la population. Ces ressources sont différentes et inégalement réparties et leur gestion est très diversifiée selon les pays.

I. Situation actuelle et ressources en eau dans les zones arides au Maghreb

I-1. Eaux de surface : contraintes climatiques et ressources aléatoires

Malgré sa grande diversité tant au plan orotopographique que phytogéographique, le Maghreb est soumis dans son ensemble au climat méditerranéen avec une grande variabilité interannuelle des précipitations (figure 2) et divers étages bioclimatiques. Plusieurs degrés d'aridité le caractérisent : - l'étage semi aride reçoit une pluviométrie qui varie de 300 à 500 mm, correspondant à des matorrals à *Quercus ilex* (Chêne vert), *Pinus halepensis* (pin d'Alep), *Tetraclinis articulata* (thuya) et *Juniperus phoenicea* (genévrier de Phénicie) et où la limite extensive du blé correspond à l'isohyète 400 mm; - dans l'étage aride ces pluies oscillent entre 150 à 300 mm où s'étendent les steppes à *Stipa tenacissima* (alfa), à *Artemisia herba alba* (armoïse blanche) et *Lygeum spartum* (sparte) ; ces précipitations ne dépassent guère les 150 mm pour le per-aride, qui correspond aux steppes claires à *Hamada scoparium* (remth) et autres espèces adaptées à une aridité extrême.

La sécheresse qui y sévit au Maghreb a démarré au cours de la décennie 70 et se poursuit jusqu'à lors avec une intensité et une persistance exceptionnelle (Djellouli, 1990 ; Meddi, 2006 ; Hénià, 1993,...). Les données pluviométriques enregistrées permettent de constater que les moyennes de ces dernières années accusent un déficit important par rapport aux périodes

antérieures; en Algérie ce déficit est de plus de 20% pour la région ouest, 13% pour le centre de 12 % pour l'est du pays (Ould Amara, 2000 ; Bouguerra , 2001), les chiffres sont similaires pour la Tunisie centrale et méridionale ainsi que le Maroc (Moksitt, 2000). Selon les saisons hivernales et printanières (MEDDI, 2006), pour certaines stations la réduction des précipitations peut s'échelonner entre 20 et 40%.

Du point de vue thermique, plusieurs auteurs s'accordent à dire que si les températures moyennes maximales demeurent relativement stables, les minimales accusent une augmentation sensible au cours du XX^{ème} siècle (dont Djellouli et Daget, 1990). Janvier reste le mois le plus froid pour les températures les plus basses et juillet le mois le plus chaud, pendant lequel l'insolation est la plus longue et le sirocco y atteint son maximum. On note également une évapo-transpiration très élevée ; Ould Amara et al. (2002) publient des cartes mensuelles d'évaporation potentielle par « cycle végétatif type », permettant ainsi à des sites sans données, d'estimer les besoins en eau réels.

Au Maghreb l'eau est une ressource rare, même si cela paraît paradoxal lorsqu'on pense aux événements météorologiques exceptionnels qui ont conduit aux inondations qui ont récemment touché plusieurs régions (ouest et centre algérien, débordement du Sébou au Maroc, de Sfax en Tunisie,...). Les données sur lesquelles nous nous basons proviennent de plusieurs sources, même s'il y a parfois des différences dans les chiffres, nous avons tenté d'être au plus proche de la réalité en les confrontant (Margat, 1981; Pérennès, 1993; IWMI, 2000; Moksitt, 2000 ; ANRH, 2001; Daoud, 2004 ; ONM, 2005)

Les ressources en eaux renouvelables comprennent les eaux superficielles et souterraines ; les premières dépendent de la situation géographique de chaque pays, ayant chacun ses propres atouts. Les spécificités de chaque pays pour l'accessibilité de la ressource dépendent de plusieurs facteurs géographiques et hydrologiques (tableau 1). Le Maroc est le mieux doté avec des ressources abondantes (16.500 hm³) même si elles sont impétueuses selon Pérennès (1993) alors que celles de l'Algérie (9.500 hm³ selon Bouguerra (2001) sont inégalement réparties entre le nord ouest, moins arrosé et le centre et l'est où la mobilisation de cette ressource a accusé un grand retard. Quant à la Tunisie avec 4.355 hm³, 80% du potentiel des eaux superficielles se situent au nord, alors que les besoins sont aussi importants au centre que le nord du pays et que selon Daoud (2004) 65% des eaux profondes sont dans le sud.

Tableau 1 : a – Estimation du potentiel mobilisable et régularisable en hm³

	Potentiel			Mobilisable			Régularisable		
	Surface Souterrain Total			Surface Souterrain Total			Surface Souterrain Total		
Maroc	25.000	7.500	30.000	16.000	5.000	21.000	12.000	4.500	16.500
Algérie	14.410	6.710	19.120	6.000	3.500*	9.500	5.000	3.500*	8.500**
Tunisie	2.630	1.725	4.355	2102	1.725	3.827	1.697	1.725	3.422**

* près de 5.000 hm³ selon d'autres sources dont la moitié à l'albien

** autres sources (ANRH, Alger ; SONEDE, Tunisie)

b - Ressources en eau renouvelables et utilisables dans les pays du Maghreb (IWMI, 2000) km³/an

Pays	Ressources eau renouvelables naturelles km ³ /an	PUF	Ressources en eau utilisables km ³ /an
Algérie	14	60	9
Maroc	30	65	20
Tunisie	4	60	2

NB : Les chiffres présentés au Forum mondial de la Haye en 2000 pour la Vision « des ressources en eau utilisables » par IWMI (International Water Management Institute) 2000, en y ajoutant le PUF (Potential Utilisation Factor) supputé, sont légèrement différents.

Ces ressources en eau sont considérées comme insuffisantes au Maghreb avec un volume annuel souvent inférieur à 1.000 m³ par personne et en nette diminution actuellement. Selon Bouguerra (2001), les potentialités des ressources en eau superficielle du nord de l'Algérie, estimé à 13.500 hm³/an en 1979 réévalué à 12.410 hm³/an en 1986, n'est plus actuellement que de 9.700 hm³/an, soit une nette baisse de la ressource, compte tenu des conditions de la sécheresse qui sévit depuis trois décennies et constatée sur l'ensemble des bassins versants de l'Algérie septentrionale (comme en témoigne l'état actuel de remplissage des réservoirs de barrages). Daoud (2004) arrive à des constats similaires en Tunisie (tableau 2).

I-2. Eaux souterraines : nappes phréatiques renouvelables

Les eaux souterraines sont représentées par les nappes phréatiques à des profondeurs variables ; elles sont alimentées par les pluies hivernales et les infiltrations des oueds. Les nappes les plus exploitées se situent à moins 50 m du fait de leur accessibilité et leur coût. Celles allant de moins 100 m à plus de 600 m de profondeur sont exploitées par des forages qui se multiplient ces dernières années (enquête personnelle, 2005). Divers moyens traditionnels et modernes sont utilisés pour accéder à ces ressources : puits à poulies, motopompes, etc. Les eaux de surface sont concentrées dans les régions plus humides et fournissent plus de 80% des ressources alors que les régions arides mobilisent moins de 20% et qu'elles représentent plus de 60% des pays. Les conditions climatiques qui règnent sur la plus grande partie de la région rendent les ressources renouvelables en eau superficielles non seulement irrégulières dans le temps, mais aussi non conservées dans l'espace (par déperditions).

Tableau 2 : ressources en eau de surface :

a) Répartition générale des ressources en eaux de surface en Tunisie (1995) en M de m³ in Daoud, 2004)

Régions	Nord West	Nord Est	Total Nord	Centre West	Centre Est	Total centre	Sud Ouest	Sud Est	Total Sud	Total général
Ressources	1585	605	2190	190	180	370	20	120	140	2700

b) Potentialité en eau de surface et taux de réduction par rapport à la période d'observation au cours du XX^{ème} siècle (Bouguerra, 2001)

Bassins versants: west(w) centre(c) est(e)	Superficies Km ²	Apport hm ³ /an période sèche	Apport hm ³ /an période globale	Taux de réduction en %
Cheliff (w)	43550	1078.3	1540	30
Côtiens algérois (c)	11972	1536	2850	46
Côtiensconstantinois (e)	11566	2753	3250	15
Côtiens oranais (w)	5831	33	50	34
Isser (c)	4149	312	520	40
Kébir Rhumel (e)	8815	700.6	910	23
Macta (w)	14389	966		
Médjerda (e)	7789	220	240	8
Seybouse (e)	6475	359	450	20
Soummam ©	9125	630	700	10
Tafna (w)	7245	232	335	30
Chott Hodna (e)	25843	156	220	29
Chott Melrhir (e)	68750	240	300	20
H.P. constantinois (e)	9578	105.2	135	22
H.P. oranais (w)	49370	140	.	.
Zahrez (c)	9102	77	110	30
Sahara	100000	200	320	37

I-3. Eaux profondes : aquifères fossiles et non renouvelables

Ces ressources sont concentrées principalement dans les grands bassins et les systèmes aquifères et constituent un potentiel considérable. Elles revêtent une importance stratégique pour le développement social et économique des régions arides maghrébines. Elles sont représentées par la nappe du continental intercalaire (nappe albiennaise fossile), découverte en 1954 dans le Sahara algérien (et dont la profondeur va de 1300 m jusqu'à 2.000 m). Le système aquifère du Sahara septentrional, s'étendant sur un million de km² est partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye.

Les trois pays tentent une étroite collaboration pour la stratégie de gestion commune de ce patrimoine. C'est ainsi que le programme SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional) initié par l'OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel) développe une « conscience de bassin », à travers l'actualisation de l'évaluation des ressources en eau et des scénarii de développement à long terme. Il prépare la mise en place d'un mécanisme de concertation entre les trois pays ; une banque de données commune structurée autour d'un système d'information intégré, évolutif et durable, facilite les échanges de données et développe des outils d'aide à la décision.

Afin de satisfaire les exigences du développement, de forts prélèvements sont faits sur les ressources (figure 3) et des stations de pompages se multiplient (OSS, 2001 ; Latrèche, 2005). On compte à ce jour plus de 7.000 points d'eau sur l'ensemble des territoires. En 2002, le rapport de SASS note que « la simple poursuite du rythme actuel des prélèvements peut constituer un grave danger ». Exploitée depuis un siècle, les volumes d'eau prélevés annuellement ont augmenté de 600% en 50 ans, passant de 0.4 milliards de m³ en 1950 à 0.6 milliards en 1970 et à 2.5 milliards en 2.000. Le fait que ces ressources soient non renouvelables les rendent encore plus vulnérables et épuisables à terme (Latrèche, in OSS, 2001). Une modélisation des aquifères permet une gestion prospective et concertée des ressources en eau de l'ensemble du bassin.

I-4. Eaux non conventionnelles

I-4-1. Dessalement de l'eau de mer

L'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'irrigation, de l'industrie ainsi que les besoins incompressibles de la population, conjugué à d'autres facteurs comme les changements climatiques, ont amené les pouvoirs publics à mobiliser de plus en plus de ressources superficielles. La menace du manque d'eau a déjà conduit des gouvernements à envisager des alternatives à l'eau douce comme gisement à partir duquel se constituent les réserves d'eau potable. D'où le recours en particulier au dessalement des eaux saumâtres et même de l'eau de mer par la distillation thermique pour le traitement de gros volumes de plus de 50.000 m³/j et la technologie des membranes, l'électrodialyse inverse et l'osmose inverse pour les faibles capacités. Tous les pays maghrébains ont fait ce choix (entre autres).

L'Algérie a opté pour une solution pérenne de la mobilisation de la ressource avec l'Etablissement Public Algérienne des Eaux (EPAE) et l'expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc dans le sillage du programme d'urgence adopté par le gouvernement algérien en 2002, afin de faire face à la grave pénurie qui touche l'ensemble du pays. Dans le nord ouest qui est le plus affecté, la mobilisation des eaux souterraines a atteint son seuil maximal, d'où la surexploitation des nappes superficielles et la détérioration de la qualité de l'eau ; le recours au dessalement d'eau de mer devient donc indispensable pour sécuriser l'alimentation en eau potable. C'est ainsi que 14 grandes stations d'une capacité de 1.940.000 m³/j sont en voie de réalisation ; celle

d'Oran est entrée en exploitation depuis mi 2005. Plusieurs secteurs publics et privés, nationaux et internationaux, sont en charge de ces opérations (Ministère des Ressources en Eau). Plusieurs autres stations sont en cours de réalisation.

En **Tunisie**, la mobilisation des réserves en eau potable est une des préoccupations majeures. Le directeur du dessalement et de l'environnement à la SONEDE (Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux), souligne que « le dessalement de l'eau de mer représente l'alternative la plus économique pour répondre aux besoins additionnels en eau de la région. Ce projet sera mis en service en 2009 ». La mer devient « *un véritable gisement* » et la stratégie mise en œuvre par la SONEDE pour renforcer les ressources hydriques et améliorer la qualité de l'eau potable, notamment à long terme, prévoit aussi de procéder au dessalement de l'eau de mer pour répondre aux besoins dans les zones arides, notamment dans les gouvernorats de Médenine et de Gabès, à travers la mise en service d'une station, avec une capacité de 50.000 m³/j. A Kerkennah, la station fonctionne déjà et dans la région de Sfax, il est prévu pour 2015 de réaliser trois unités de dessalement d'eau de mer d'une capacité chacune de 50.000 m³/j. Pour assurer le fonctionnement de ces stations, on a recours aux énergies renouvelables. En outre, la SONEDE doit également réduire la salinité de l'eau distribuée à travers tout le pays ; à cet effet, dix stations de dessalement d'eau saumâtre seront installées et auront une capacité de 30.000 m³/j dans les zones sud : Kébili, Douz, Tozeur, Nefta,... car en Tunisie, la salinité de l'eau interpelle de plus en plus puisque 50% des ressources en eau mobilisables ont un taux de salinité >1.5g/l, notamment « dans le sud du pays où les eaux de bonne qualité sont rares » selon la direction du dessalement et de l'environnement. Pour stabiliser l'alimentation en eau de l'île de Djerba jusqu'en 2025, une station de dessalement avec une capacité de 50.000 m³ sera installée par la SONEDE.

En **Lybie**, l'écart entre la disponibilité et les besoins croissants de la population sont tels que l'Etat mise sur les ressources souterraines grâce au mégaprojet de la Grande Rivière Artificielle (GRA) et les eaux non conventionnelles, dont le dessalement de l'eau de mer. La société publique libyenne General Compagny for Water and Wastewater (GCWW) ainsi que d'autres acteurs privés et/ou publics (Shaabiyates ou Régions), étrangers et nationaux. Quarante stations de dessalement sont réalisées ou en cours ; on peut citer celles de Janzour (ouest de Tripoli) d'une capacité de 80 m³/an et de Khoms qui sont en cours, celle de Tobrouk à l'est de Benghazi, est quasi fonctionnelle... La Libye prévoit de doubler ses capacités de traitement d'ici 2025.

Au Maroc, le dessalement d'eau de mer devient de plus en plus inévitable surtout pour les zones sud du Royaume en dépit de son coût relativement élevé. C'est ainsi que depuis 1976 plusieurs unités (44) ont vu le jour dont la plus grande est celle installée à Laâyoune pour une capacité de 7000 m³/j. Malgré les efforts déployés en vue de réduire les frais énergétiques ceux-ci représentent jusqu'à 30% du coût de production. Conscient de ce fait, l'ONEP (Office National de l'Eau Potable) ne cesse de concentrer ses efforts en engageant des réflexions et des études de faisabilité pour des cas concrets. L'office procède à la réalisation de plusieurs activités : - l'utilisation des différentes formes d'énergie dont l'énergie éolienne en vue de dégager les solutions les plus avantageuses sur le plan technico-économique, - l'étude de faisabilité technico-économique de la production d'eau potable par dessalement d'eau de mer en utilisant l'énergie nucléaire, et dans un souci de réduction de la charge énergétique des stations de dessalement d'eau de mer, l'ONEP est en contact avec les sociétés du domaine pour la mise en œuvre d'un système de pompage complet de haute pression qui permettrait à terme de réduire presque de moitié la charge énergétique.

Ainsi, pour les quatre pays le dessalement de l'eau de mer semble être la solution pour répondre à la demande pressante des besoins de populations et de l'économie des pays.

Actuellement, il n'y a pas suffisamment de recul pour voir les conséquences et les impacts que cela pourrait engendrer (gestion des déchets générés, santé publique,...)

I-4-2. Traitement et recyclage des eaux usées

Au Maghreb, près de 99% de la population sont musulmans et les préjugés d'utilisation « d'eau souillée » a quelque peu retardé le recours au recyclage des eaux usées. La Tunisie et le Maroc utilisent déjà ce procédé pour une partie de ses eaux usées (200 millions de m³/an en 2002 en Tunisie), surtout dans le domaine de l'agriculture. Par ailleurs les eaux de drainage devraient être réutilisées, après le traitement pour l'ensemble des pays maghrébins.

L'Algérie et La Libye, malgré quelques réticences, ont lancé des projets dans ce sens et sont convaincus aujourd'hui que ces techniques qui sont au point, répondraient à une partie de la demande aussi bien pour l'industrie, l'eau urbaine et surtout l'agriculture dont les superficies ont augmenté en quatre décennies de 150 à plus de 200%.

II. Gestion des ressources et problèmes connexes

Avec la démographie galopante (figure 4) et le taux d'urbanisation en hausse, la demande en eau dans les zones arides au Maghreb est de plus en plus importante, aussi bien dans le domaine de l'agriculture dont les surfaces s'agrandissent, le domaine du pastoralisme avec la sédentarisation et l'augmentation du cheptel, dans les zones urbaines qui s'étalent et manquent d'eau potable et le tourisme en plein essor.

II-1 - Utilisation de la ressource eau

Au Maghreb, la situation est assez préoccupante puisque les disponibilités en eau douce sont voisines de la pénurie avec une moyenne de l'ordre de 1.000 m³/hab/an et qui vont, selon les différents scénarii, en baissant jusqu'à moins de 500 m³/hab/an vers 2025. La demande en eau va en augmentant dans tous les domaines : consommation des ménages, agriculture, industrie,... Les gouvernements ainsi que tous les autres acteurs (publics, privés, ONG) sont préoccupés par ces questions et des solutions sont proposées, à court, moyen et long terme et à différentes échelles. Dans ces zones très fragiles, l'utilisation des ressources en eau n'est pas gérée de façon rigoureuse, d'autant plus qu'elles connaissent une diminution notable de cette denrée devenant de plus en plus rare (sécheresses, variation interannuelles, ...).

De 22 millions en 1950, la population maghrébine a plus que triplé en un ½ siècle puisqu'on compte plus de 75 millions d'habitants aujourd'hui, alors que les besoins en eau sont multipliés par 7. A l'horizon 2025, les trois pays totaliseront 120 à 130 millions d'habitants, soit une multiplication par 10 en un siècle puisqu'on comptait 12,7 millions en 1920. Cette explosion démographique est une des plus fortes du monde, avec des taux de l'ordre de 2,7% et la demande est de plus en plus importante. A l'échelle urbaine, plusieurs villes algériennes ont connu des problèmes dus à une dégradation du cadre de vie, des pénuries d'eau plus ou moins importantes qui ont provoqué parfois des manifestations de citoyens : ouest d'Alger, Abadla, Skikda, pour dénoncer les négligences qui perdurent (La Presse, 1/03/2003).

La demande en eau reste forte malgré quelques différences dans les différents pays du Maghreb ; ainsi, les parts des secteurs d'utilisation sont en moyenne 82% pour l'agriculture, 13% pour l'eau potable et 5% pour l'industrie. Notons que dans certaines villes l'eau est rationnée et que la distribution se fait un jour sur deux dans les meilleurs des cas pour la plupart des villes algériennes, même si aujourd'hui des efforts sont faits. En Libye, tous les ménages sont équipés de citernes individuelles ; presque tous les toits des maisons y sont jonchés. En Tunisie centrale, l'utilisation des « majels » réservoirs sous les maisons reste une solution même si la SONEDE a répondu à la demande des consommateurs.

- Les entreprises installées dans les villes dites moyennes, dépassant les 300.000 habitants, demeurent de grandes consommatrices.

- L'agriculture représente le 1^{er} consommateur et les surfaces connaissent une expansion très grande ; en Tunisie, la superficie irriguée est passée de 65.000 hectares en 1956, à 145.000 en 1975 et environ 345.000 actuellement. Les autres pays connaissent aussi des augmentations des surfaces irriguées : 150% pour l'Algérie, 290% pour la Libye et 45% pour le Maroc (Mutin, 2000). Ces chiffres restent valables (enquêtes personnelles).

Au Maroc, plus de 80% des ressources sont utilisées dans le domaine agricole. L'exemple de la valorisation développé dans le grand périmètre des Doukkala (Amghar et Jellal 2005), montre que les principales cultures sont irriguées avec des niveaux des rendements variables. Ceci pose la problématique du choix du mode d'irrigation par l'aspersion et le goutte à goutte plutôt que le gravitaire, le choix de la culture à développer (dans ce cas remplacer la luzerne consommatrice d'eau par le bersim) et du développement régional, des opportunités de spécialisation dans les domaines d'excellence par périmètre ou par région. Les niveaux de rendement constatés sont liés à la qualité du service de l'eau et dans les périmètres disposant de ressources limitées et/ou offrant une gestion peu performante (lourd système de gestion, problèmes de concordance entre l'offre et la demande, le coût et la tarification). Cependant les performances les plus faibles y sont enregistrées (Mogli et Benjeloun, 2000).

- Dans les régions steppiques, à vocation pastorale, il y a une forte pression de charge et de surpâturage car les éleveurs continuent à augmenter leur cheptel, à créer de nouvelles parcelles agricoles et à creuser des puits. Dans les régions steppiques algériennes, la figure 5 indique les relations étroites entre l'évolution progressive de la population, du cheptel et la diminution de la pluviosité (Nedjraoui et *al.* 2006). La population double pratiquement et la tendance à la sédentarisation est perceptible avec une augmentation des surfaces cultivées (enquêtes sur le terrain). La croissance exponentielle du cheptel est perceptible tandis que la tendance à l'aridité s'exprime par une diminution de la pluviosité de 18 à 27% et une extension de la saison sèche de 2 mois durant un siècle (URBT, 1978 ; Aidoud, 1991 ; Djellouli, 1996). A cela, s'ajoute l'échec des politiques d'organisation des espaces steppiques dû à plusieurs problèmes : le foncier car le Code Pastoral intègre les terres steppiques dans la propriété privée de l'Etat sans organisation des droits d'accès aux parcours, la création d'unités pastorales basées sur le respect des territoires tribaux, le nombre important d'acteurs sur les parcours steppiques, le manque de coordination et de concertation entre ces acteurs.

Par ailleurs, en Tunisie centrale et méridionale, la politique agricole a encouragé les populations à se stabiliser et à transformer les espaces pastoraux en espaces agricoles en y introduisant des cultures irriguées, oliveraies surtout (Djellouli et Daoud, 2002).

Ces zones arides très fragiles, sont soumises à l'érosion hydrique et éolienne, à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique de plus en plus forte, ce qui aboutit à des changements au niveau des écosystèmes, de la biomasse, de la biodiversité (Djellouli, 1996), de l'état du sol et donc du développement social et économique de ces zones arides.

II-2. Infrastructures

La demande en eau dans les pays maghrébins est ancienne et a nécessité la mise en place d'infrastructures de captage et de stockage des eaux disponibles dont certaines remontent à l'antiquité. C'est dire que les populations concernées ont toujours été attentives à mettre en oeuvre des méthodes adaptées, qu'elles soient individuelles ou collectives. Durant la période coloniale, ont été introduits de grands ouvrages qui ont apporté des réponses par exemple à la formation des grosses agglomérations mais qui n'ont pas résolu les problèmes des zones rurales. Aujourd'hui, la tendance est de privilégier la petite et moyenne hydraulique.

II-2-1. Barrages

Au Maghreb, la priorité à la grande hydraulique qui a prévalu à l'époque coloniale coûte cher et pose aujourd'hui des problèmes à la fois économiques, techniques et environnementaux.

Une volonté de modifier les finalités des grands aménagements hydrauliques et de diversifier les cibles, a incité les Etats à s'orienter davantage, ces dernières années, vers la moyenne et petite hydraulique. C'est ainsi que les différents pays sont préoccupés par les futurs infrastructures à inscrire dans leurs projets.

L'Agence Nationale des Barrages (ANB), ayant une compétence territoriale en Algérie, est en première ligne dans la bataille de l'eau. On compte 50 grands barrages en exploitation de capacité 5,1 milliards m³, 16 (+12 en cours) barrages et transferts en réalisation avec 2,3 milliards de m³, 63 études en avant projets détaillés ou en faisabilité avec 2,9 milliards de m³ et 4 projets dans le cadre de programme d'urgence pour le renforcement de l'alimentation en eau potable des grandes agglomérations. La capacité totale représente plus 10 milliards 560 millions de m³ à l'horizon 2012 avec un budget d'équipement de 276 milliards de DA (environ 27 milliards d'Euros) et un budget de fonctionnement annuel de 388 millions DA (environ 39 millions d'Euros). L'ANB espère à l'horizon 2012 doubler la capacité mobilisée et avoir un volume régularisé. Par ailleurs, l'Agence reste préoccupée par l'entretien des infrastructures existantes et l'inscription des petits ouvrages.

En Libye, les Shaabiyates (Régions) favorisent la construction des barrages, citernes et des retenues d'eau ; au nombre de 17 de capacité 60 millions de m³/an, il est prévu 23 autres avec un stockage de 120 millions m³ d'eau par an.

En Tunisie la plupart des grands barrages étaient destinés à l'irrigation et à fournir l'eau potable pour la capitale. Désormais, le transfert des eaux va constituer un volet essentiel dans la politique hydraulique de l'Etat, pour faire face aux besoins de l'irrigation et ceux en eau potable des zones urbaines de Tunis, Cap-Bon et Sfax en passant par le Sahel de Sousse (figure 6). Depuis les années 80, a été mise en place la Stratégie Décennale de Mobilisation des Ressources en Eaux afin de mobiliser la quasi-totale des ressources disponibles dans des limites de qualité et de coûts acceptables. Pour atteindre ces objectifs, la Stratégie a prévu la réalisation de 21 grands barrages et de nombreux autres ouvrages : 203 barrages collinaires, 1000 lacs collinaires, 4290 structures d'épandage et de recharge artificielle des nappes, 610 nouveaux forages et 500 de remplacement, 1300 forages de surveillance des nappes, 1150 forages de reconnaissance et 98 stations d'épuration. Ces éléments devraient mobiliser 1,4 milliards de m³ supplémentaires (Daoud, 2004). En 2000, le taux de réalisation fut estimé par le Ministère de l'Agriculture à 70%. Depuis, la stratégie a donné une place importante à la petite hydraulique dans la mobilisation des eaux. L'engagement de l'Etat dans le domaine de l'aménagement hydraulique et de la mobilisation des ressources en eaux continue.

Au Maroc, beaucoup d'efforts sont déployés pour les études et la réalisation d'infrastructures hydrauliques, 110 grands barrages sont réalisés. La capacité de stockage est passée de 2,3 milliards de m³ en 1967 à 16 milliards de m³ en 2004. Souvent ils ont une double vocation : production d'énergie et irrigation. Le barrage de Bin el Ouidane, considéré comme le plus haut barrage en voûte d'Afrique et le plus grand au Maroc (130 m de haut) en production énergétique a une capacité de 1.384 hm³, il irrigue une surface de 69.500 ha et produit 287 GWh.

La problématique des barrages est surtout celle de leur entretien. Ils ont un taux de sédimentation qui évolue du fait de la forte érosion des bassins versants et la capacité se trouve amputée. Selon Rémini et Rémini, (2004) près de 130 millions de m³ de sédiments se déposent chaque année au fond des réservoirs des barrages algériens. Le taux d'envasement annuel est évalué à 32 millions de m³ et le nombre de réservoirs mis hors service par suite de l'alluvionnement est en augmentation constante. Différents moyens pour lutter contre ce

phénomène sont pratiqués : aménagement, reboisement des bassins versants, protection des sols, dragage des barrages, soutirage et chasses par les vannes de fond,... On note quelques résultats probants après ces entretiens ; exemple pour l'Algérie, le barrage Ighil Emda a pu tripler sa capacité.

II-2-2. Lacs collinaires

En Tunisie, 640 **lacs collinaires** ont été construits entre 1990 et 2000, autant que ceux construits qu'en un siècle ! Ceux-ci ont contribué à améliorer la production agricole qui représente 17% du PNB selon la FAO. « Chaque goutte de pluie qui tombe devrait être utilisée au lieu de rejoindre la mer » tel est le principe directeur de Jalel En Faleh, coordinateur national du programme de conservation des eaux et des sols. Ces opérations sont certes importantes mais il faudrait encore quelques décennies pour la remise en état des terres récupérables.

En Algérie et au Maroc, les potentiels sont très importants et relativement peu mis en exploitation (quelques centaines). Dans le cadre de programme pilote du PNRC (Programme National des Retenues Collinaires), six projets ont été lancés en travaux en 2002 dans des zones arides et semi arides d'Algérie : M'Sila (Bounesroune et Ced Fella), Djelfa (Hadjia et Toughoursène) et Oum El Bouaghi (Hammimet et Ourkis). Une coopération algéro-cubaine y travaille et des programmes à court terme (lancement et suivi de l'étude générale, expertise de 70 études) et moyen terme (suivi et optimisation du programme pluriannuel élaboré à l'issue de l'étude générale, assistance aux Directions régionales).

II-2-3. Collecte des eaux de pluies

Ce procédé est utilisé actuellement dans les zones arides. Un projet de collecte des eaux de pluie s'est concrétisé avec succès en Tunisie, dans le cadre d'un partenariat de coopération italo-tunisienne. En effet, au cours de ces deux dernières décennies, les autorités tunisiennes ont déployé des efforts considérables dans l'aménagement des terres menacées par l'érosion hydrique et pour intercepter les eaux de ruissellement. L'association de la population locale est nécessaire pour la réussite du projet. En effet, les agriculteurs participent à ce programme en édifiant des milliers de cordons, de cuvettes individuelles et de terrasses pour la collecte des eaux pluviales qui ruissellent avant qu'elles ne se perdent dans les exutoires naturels. Certes les agriculteurs mènent une vie difficile et évoquent les conditions climatiques sévères (il y a eu pratiquement quatre années déficitaires consécutives !) et la migration conséquente vers les villes. Cependant certains autres retrouvent l'espoir avec les infrastructures mises en place, l'appui financier et la formation sur les méthodes agricoles améliorées. Le programme de conservation des eaux et des sols (co-financé par l'aide bilatérale et internationale) soutient les efforts déployés par l'Etat pour régénérer les terres arides et les résultats sont encourageants. Remettre en état les terres arides afin de devenir prospères en les aménageant (gestion de l'eau, électrification, infrastructures routières) est une opération importante pour stabiliser les populations. Le développement agricole mis en place dans les gouvernorats de Kairouan et de Zaghuan est basé sur une approche participative et intégrée, aux pratiques locales, à l'économie locale et tient compte des aspirations locales : culture de l'olivier, avec la préservation des variétés traditionnelles, utilisation d'engrais naturel dans la cuvette préservée par des techniques traditionnelles de collectes d'eau « cuvettes en pierre sous forme de croissant ». Par ailleurs l'olivier retient les eaux de ruissellement mieux que les céréales et rend plus de service car ses déchets servent de fourrage et son bois comme combustible.

II-2-4. Impluviums

Dans les habitations romaines, l'impluvium était un bassin situé sous l'ouverture du toit où étaient recueillies les eaux de pluie. Cette technique individuelle (Majel ou Feskhyia), au niveau de chaque habitation familiale pour répondre aux besoins de celle-ci s'est perpétuée à

travers l'ensemble de la zone aride et semi-aride de la Tunisie. Les besoins domestiques des familles habitant des maisons individuelles sont ainsi couverts aujourd'hui. L'Etat tunisien encourage par ailleurs l'utilisation de ces impluviums pour abreuver les animaux et même pour irriguer les cultures dans les zones arides. L'impluvium est dans certains cas utilisé pour alimenter des citernes publiques de grandes dimensions : exemple de Kerkennah (Djellouli et Pifre, 2003) ou répondre à des demandes individuelles en zone rurales.

II-2-5. Nappes souterraines

Les nappes phréatiques sont alimentées par les pluies hivernales et parfois par infiltration à partir des lits des oueds.

Les États maghrébins englobent la plus grande partie du Sahara où existent d'importantes nappes souterraines d'eau fossile. Dans le Bas Sahara algérien et à l'ouest de la Libye s'étend entre 800 et 1500 mètres de profondeur la gigantesque nappe albiennaise de 60.000 milliards de m³. D'un stockage équivalent, l'aquifère nubien s'étend en Égypte, à l'est de la Libye. Ces aquifères ont été constitués au cours des pluviaux du Quaternaire, mais on n'est pas assuré de leur recharge actuelle. L'ampleur des réserves a toutefois incité à leur exploitation. Des tentatives d'agriculture irriguée en plein désert n'ont pas encore donné les résultats escomptés au cours des dernières décennies.

II-3. Distribution

Les réseaux de distribution permettent d'acheminer l'eau depuis leurs lieux de stockage jusqu'à leurs lieux de consommation. Les systèmes de distribution sont faits en fonction des besoins qui sont différents en fonction de l'espace puisque la ressource est inégalement répartie.

Les grands barrages ont souvent plusieurs fonctions : celle de fournir de l'électricité, celle d'alimenter en eau des grands périmètres irrigués et celle d'alimenter les agglomérations en eau potable. Les transferts de ces ressources en eau, se font parfois sur de grandes échelles : interconnexion de barrages du nord humide vers le sud plus aride comme le cas de la Tunisie (figure 6).

Les lacs collinaires ainsi que les petits aménagements confectionnés pour recueillir la plus grande partie des eaux de pluies qui tombent, alimentent essentiellement les périmètres irrigués qu'ils soient de petite dimension (exploitation familiale) ou de dimension moyenne (exploitation communautaire).

Les nappes phréatiques qui sont alimentées par les pluies hivernales et parfois par infiltration à partir des lits des oueds sont exploitées par des moyens individuels et traditionnels (puits à poulies, à godets, à balancier, etc) qui sont aujourd'hui largement remplacés par des motopompes. La surexploitation par ces procédés et la multiplication des motopompes risquent d'avoir de graves conséquences.

Dans les zones hyper arides, plusieurs techniques traditionnelles ont été réhabilitées pour irriguer des oasis par le système des foggaras; il s'agit de galerie souterraine qui recoupe une nappe phréatique dont elle draine l'eau vers les terrains à irriguer.

Au cours des siècles, un système d'irrigation efficace et durable a été mis en place, permettant la vie dans des conditions d'aridité extrême tout en respectant les propriétés particulières de ces écosystèmes. Cette méthode ingénieuse des *foggaras*, originaire de Perse et introduite au Maghreb durant la conquête arabe, au 7^e siècle, rassemble les sources d'eau souterraines et distribue l'eau aux familles qui cultivent les palmiers dattiers, les céréales et les légumes dans l'oasis, au moyen d'un système complexe de petits chenaux, régi par un mécanisme social

traditionnel. Les oasiens ont eu tendance à oublier leurs connaissances traditionnelles et ont pratiqué des pompages des eaux souterraines (à grande profondeur et en grande quantité) qui assèchent la nappe phréatique, souvent de manière irréversible. Beaucoup d'acteurs (Etat, associations,...) préconisent aujourd'hui la réhabilitation des *foggaras*, représentant des systèmes ingénieux. Ce système, connu en Iran sous le nom de *ghanat* est aussi utilisé au Maroc (appelé *rhattara*). A titre d'exemple, l'association Touiza et MED Forum mènent dans les oasis du sud algérien (Adrar) des projets de réhabilitation, réparation et suivi des *foggaras*, afin de promouvoir la préservation et le développement durable de ces contrées, de stabiliser les populations oasiennes, tout en luttant contre la pauvreté et contre la désertification. L'oasis d'Ouled Saïd, un site Ramsar en Algérie (2005), est entretenue par les résidents de la communauté qui ont construit une *foggara*.

L'exploitation agricole de l'eau des aquifères profonds en plein désert n'ont pas donné les résultats escomptés au cours des dernières décennies, ce qui a amené la Libye à acheminer cette eau fossile vers le littoral pour alimenter les villes et développer une agriculture irriguée littorale : c'est le projet de la "Grande Rivière artificielle". Initié en 1983, il est presque achevé. Deux milliards de km³/an au total doivent être transférés par deux gigantesques canalisations. La première transporte, sur près de 1.000 km, vers Benghazi et sa région les eaux captées dans l'aquifère des grès de Nubie (Koufra, Tazerzou, Sarir). Une deuxième conduite, achevée en 1996, achemine vers Tripoli les eaux de la nappe de Mourzouk, au Fezzan. D'ici 2010, les canalisations existantes seront doublées. Le coût de l'opération est énorme : plus de 30 milliards de \$. Pendant combien de temps pourra fonctionner un aussi important et onéreux transfert d'eau en grande partie fossile ? Des experts s'inquiètent sur les répercussions environnementales de ce projet gigantesque. On peut se demander quels sont les risques d'exploitation à une telle échelle de ressources non renouvelables.

Conclusions et perspectives

Avec une moyenne de 1000 m³ hab/an actuellement et moins de 500 dans les années à venir, les maghrébins vivent dans des conditions de « stress hydrique » qui handicapent leur vie économique et sociale. Si la population a été multipliée par trois au cours du XX^{ème} siècle, la demande en eau, elle, a été multipliée par sept et la surface des terres irriguées par six. De plus, au cours des cinquante dernières années, la pollution des aquifères a réduit les réserves hydriques. Les ressources disponibles pourraient cependant être utilisées beaucoup plus efficacement par réduction de la contamination et de l'évaporation dans les réservoirs, par le recyclage, l'entretien des réseaux, la lutte contre le gaspillage, la culture de variétés moins exigeantes en eau ou plus tolérantes au sel. Du point de vue de l'équité géographique par rapport à l'accès à l'eau, la Solidarité nationale devrait être mise en œuvre pour transférer de l'eau des régions bien pourvues vers les régions qui le sont moins. Afin de répondre à la demande des citoyens et compte tenu des inégalités de distribution géographiques, il faudra aller chercher l'eau de plus en plus loin pour alimenter les villes : transfert des eaux du Sébou vers Casablanca, de l'Ysser vers Alger, de Medjerda vers Sfax, et de Koufra vers Benghazi...

Au niveau des acteurs de la gestion de l'eau, les expériences menées dans ces pays devraient être capitalisées. Le partenariat incontournable doit habiliter la société civile et le secteur privé à la gestion intégrée des ressources en eau qui requiert pour sa réussite une combinaison de solutions à la fois techniques, économiques, financières et institutionnelles. Il s'agit de contractualiser les services de l'eau en tant que bien économique et social en préservant le droit à l'eau pour tous, en mettant en place des mécanismes éprouvés de solidarité y compris celle de l'Etat qui continue à exercer sa responsabilité sociale. Les associations d'usagers, telles que les Associations à Intérêt collectif (AIC), devraient jouer leur rôle dans la maîtrise

de la consommation. Dans le domaine agricole, grand consommateur d'eau, des plans de cultures et des procédés d'irrigation basés sur l'économie de l'eau devraient être encouragés.

Un des plus grands défis du Maghreb au XXI^{ème} siècle est de trouver des solutions durables pour la question de l'eau, la distribution et l'arbitrage des Etats de cette denrée rare pour l'ensemble des utilisateurs dans les domaines de l'alimentation en eau potable, de l'agriculture, de l'industrie, du tourisme, etc. Les solutions passent par les ressources non conventionnelles comme le dessalement de l'eau de mer, pour les zones arides proches du littoral et le recyclage des eaux usées (pour l'agriculture essentiellement).

Ce sont les sociétés elles mêmes qui devraient correctement gérer l'eau comme cela se faisait auparavant pour les foggaras des oasis (sud algérien et marocain). L'eau étant un Bien devenant rare, précieux et menacé, des prises de décisions urgentes, sur sa préservation, son économie et sur son coût réel, sont nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Aidoud A. (1991). Evaluation et régression des ressources végétales steppiques des hautes plaines algériennes. In Gaston et al. Actes 4^{ème} Congrès Internationale Terres et Parcours, Montpellier, 307-319.
- Amghar S. et J. Jellal. (2005). Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans le grand périmètre irrigué des Doukkala entre 1990 et 2000. Article accepté pour publication dans la revue Ingénieries Eau- Agriculture- Territoires de la CEMAGREF
- ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (2001). Banque de données pluviométriques et hydrologiques d'Algérie.
- Bouguerra K. (2001). Potentialités en ressources en eau superficielle du nord du pays (Algérie). N° 71/ANRH/DHYL, 10p.
- Daoud A. (2004). Bilan et perspectives de la mobilisation des ressources en eau en Tunisie. In HDR, Tunis, 35 p.).
- Djellouli Y. (1990). Flore et végétation de l'Algérie septentrional. Thèse de doctorat d'Etat, U.S.T.H.B. Alger, 239 p. et annexes
- Djellouli Y. et Daget Ph. (1990). Variation de la température moyenne annuelle de la station d'Alger-Bouzaréah sur une centaine d'années. *Publ. Ass. Intern. Clim.*, 431-439, Vol.3, Lannion - Rennes
- Djellouli Y. et Daoud A. (2002). Quelles alternatives de développement pour les hautes steppes tunisiennes et les hautes plaines steppiques du sud- ouest algérien ? *Communication The Arab World Geographer AWG 2001 Conference in Malta*, 13 p.
- Djellouli, (1996) - Degradation at algerian steppe ecosystems, consequences of dryness. *Publ. Académie des Sciences (Chine) - Intern. Conf. on Temperature Grasland for the 21st Century*, Beijing (Chine), 12 p.
- Djellouli Y. et Pifre S. (2003). Le problème de l'eau dans les îles Kerkena (Tunisie) in « Relevons ensemble les défis de l'eau en Méditerranée », *Revue Hydrotop 2003*, Marseille, 112-116 pp
- Hénia L. (1993). Climat et bilans de l'eau en Tunisie : essai de régionalisation climatique par les bilans hydriques 2 vol. (391 p.- 2 cartes)
- IWMI (International Water Management Institute) (2000). Water supply and demand in 2025, Colombo, Sri Lanka.
- Latrèche D. (2005). Connaissance et exploitation des ressources en eau partagées au Sahara septentrional (SASS/OSS). Colloque international sur les ressources en eau dans le Sahara. Conférence Ouargla, Algérie, 7 p et cartes.

- Latrèche D. 2003 - Meeting of the leading panel of the aquiferous system project of septentrional Sahara, SEMIDE.
- Le Houerou H.N. (1984). Rain use efficiency a unifying concept in arid land ecology. *J. Arid Envir.* 7:213-247.
- Meddi M. (2006). Evolution des régimes pluviométriques dans les différentes stations du nord du Sahara septentrional. «Avenir des zones sèches», UNESCO, Tunis, 10 p.
- Mogli, E et Benjelloun, T. M., (2000). Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans les grands périmètres irrigués au Maroc. *Homme Terre et Eau*, 30 : 30 – 38 pp.
- Moksit A.(2000) - La sécheresse au Maroc. Direction de Météorologie Marocaine, casablanca, 126 p.
- Mutin G. (2000). L'eau dans le Monde arabe. Une ressource rare. Paris, Ellipses, 156 p
- Nedjraoui et al. (2006). le dispositif national de suivi écologique à long terme en Algérie. Conférence «Avenir des zones sèches», UNESCO, Tunis.
- ONM (2005). Recueil de données météorologiques, Alger, Algérie. (Atlas).
- OSS/ Magat J. (2001) Les ressources en eau des pays de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, évaluation, utilisation et gestion. 87 p.
- Ould Amara A. (2000). La sécheresse en Algérie. ANRH, Bir Mourad Raïs, 5 p.
- Ould Amara et al.– 2002 – Notice et carte des évapotranspirations potentielles du Nord de l'Algérie au 1/500.000, ANRH 42 p.
- Pérennes J. J., (1993). L'eau et les hommes au Maghreb, contribution à une politique de l'eau en Méditerranée. Paris, Karthala, 641 p.
- Rémini B. et Rémini W. (2004) Sédimentation dans les barrages d'Afrique du Nord. Colloque sur la gestion de l'eau en méditerranée, Alger, 13 p.
- URBT (Unité de Recherche de Biologie Terrestres (1978). Rapport écologique et pastoral de la wilaya de Saida, Algérie. 287 p. et annexes.

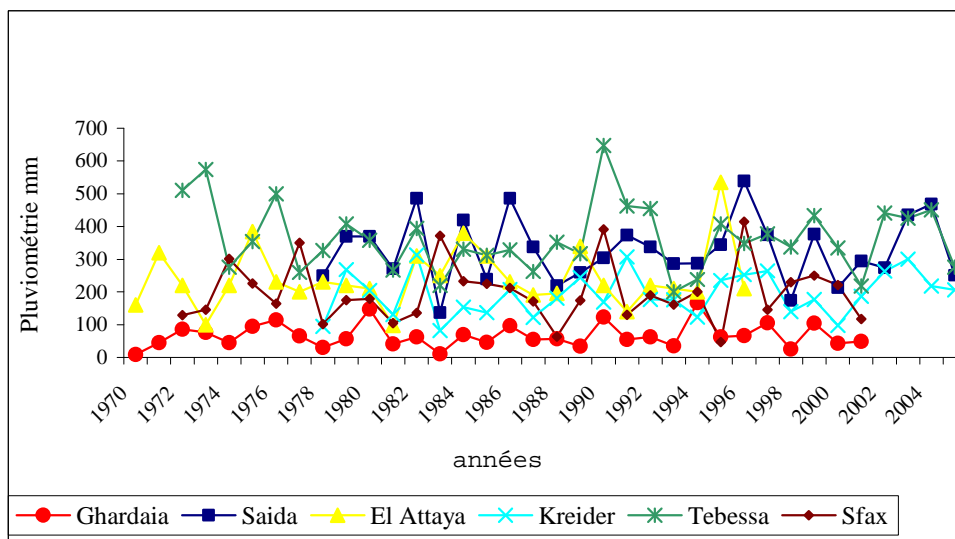
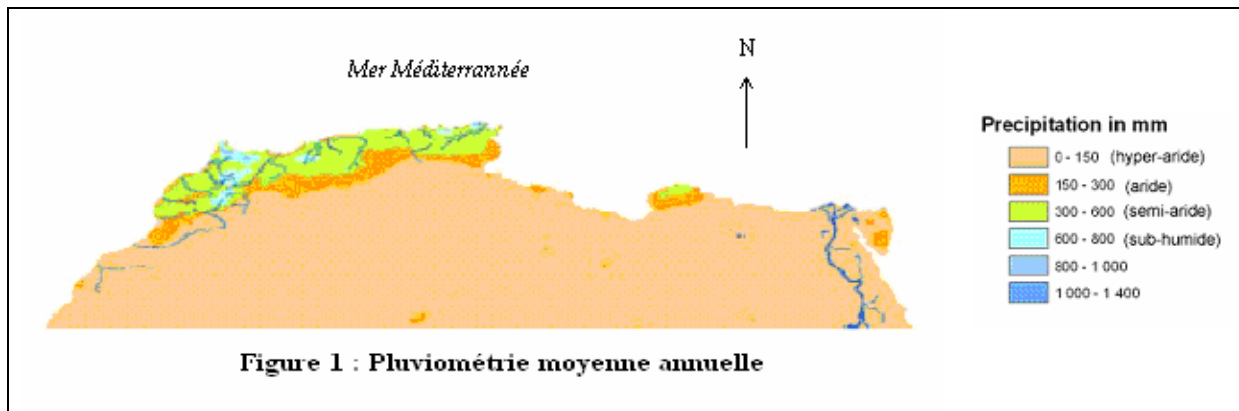
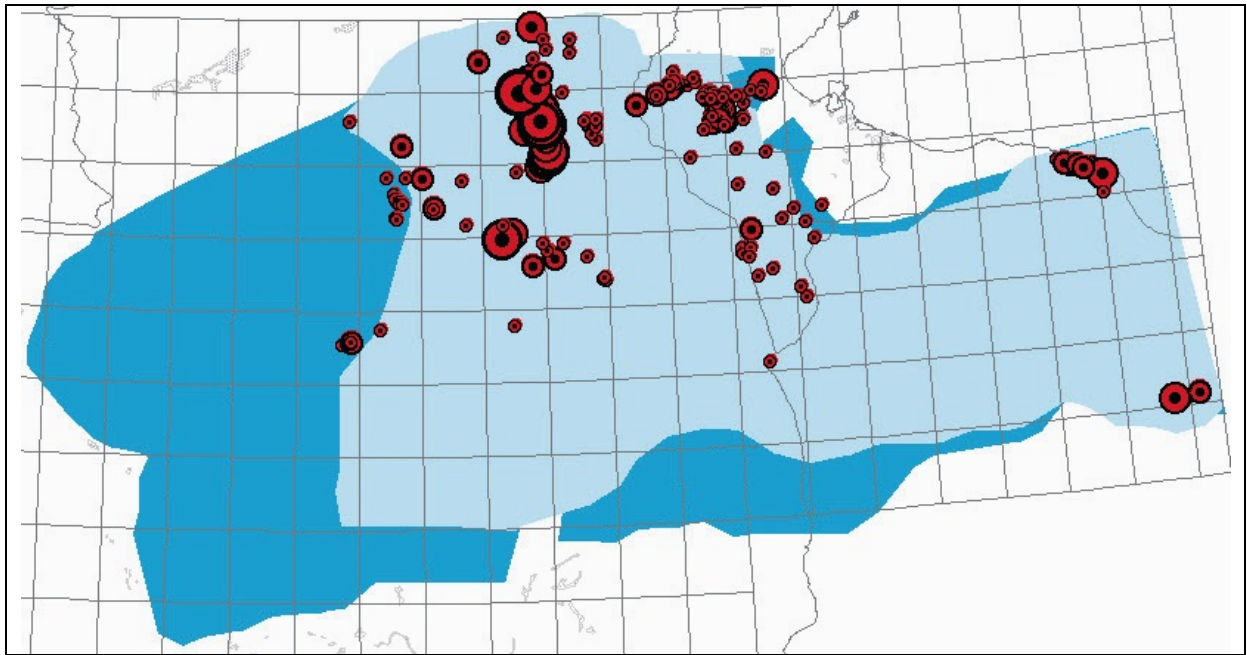
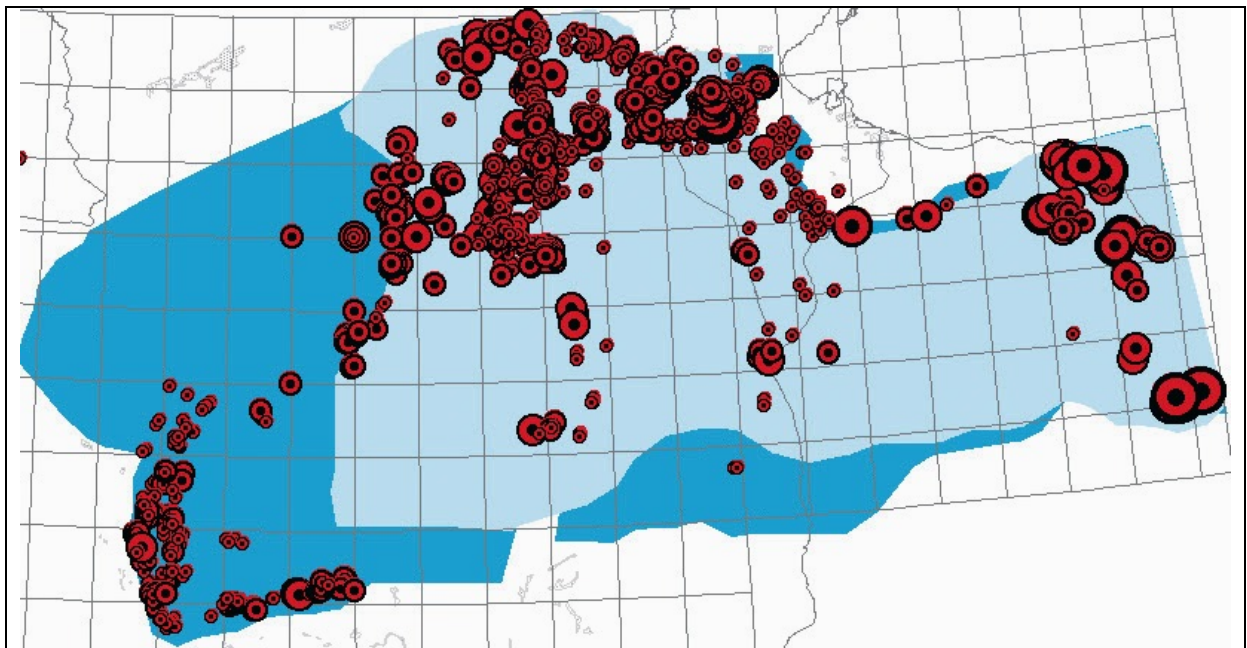


Figure 2 : Pluviométrie des stations



1970



2000

Figure 3 : Evolution du pompage des aquifères profonds 1970 / 2000 (Latrèche, 2002)

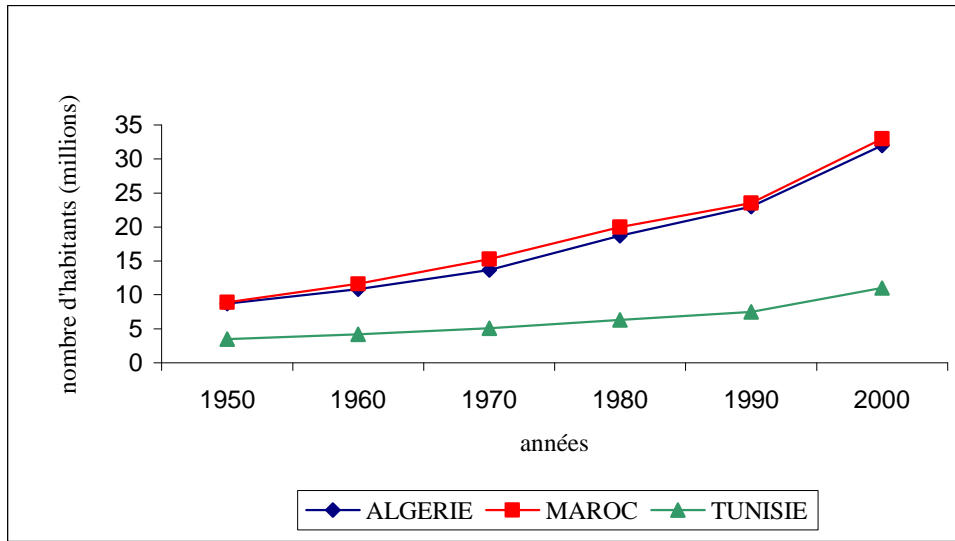


Figure 4 : Evolution de la population au Maghreb

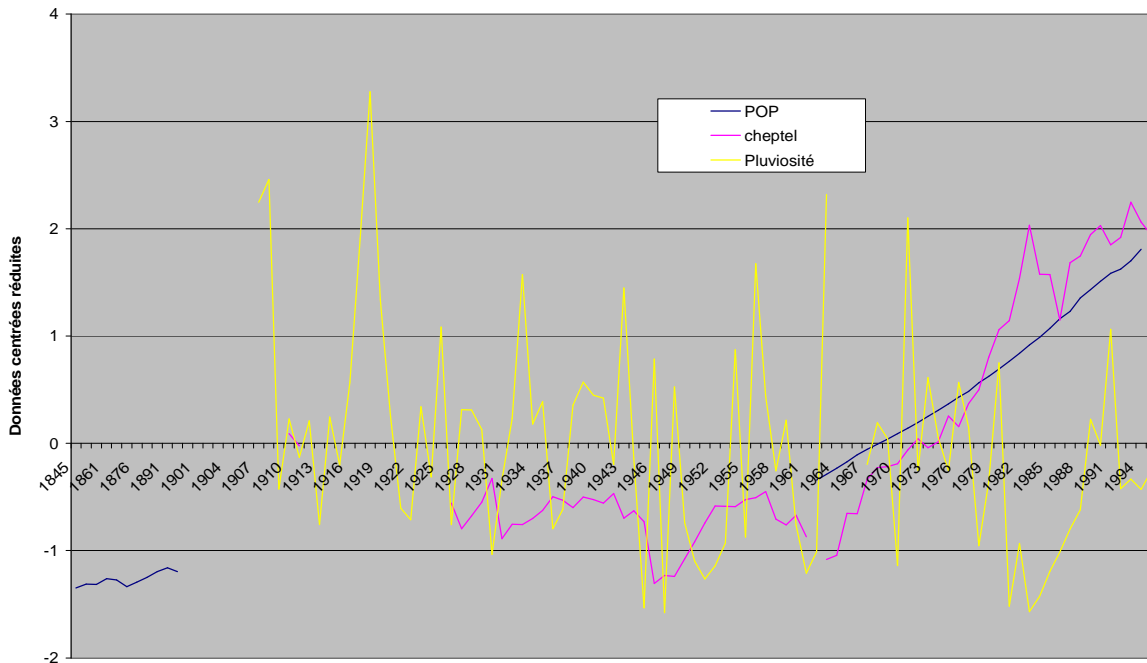


Figure 5 : Evolution de la pluviosité, de la population et du cheptel sur les steppes algériennes(Nedjraoui 2006)

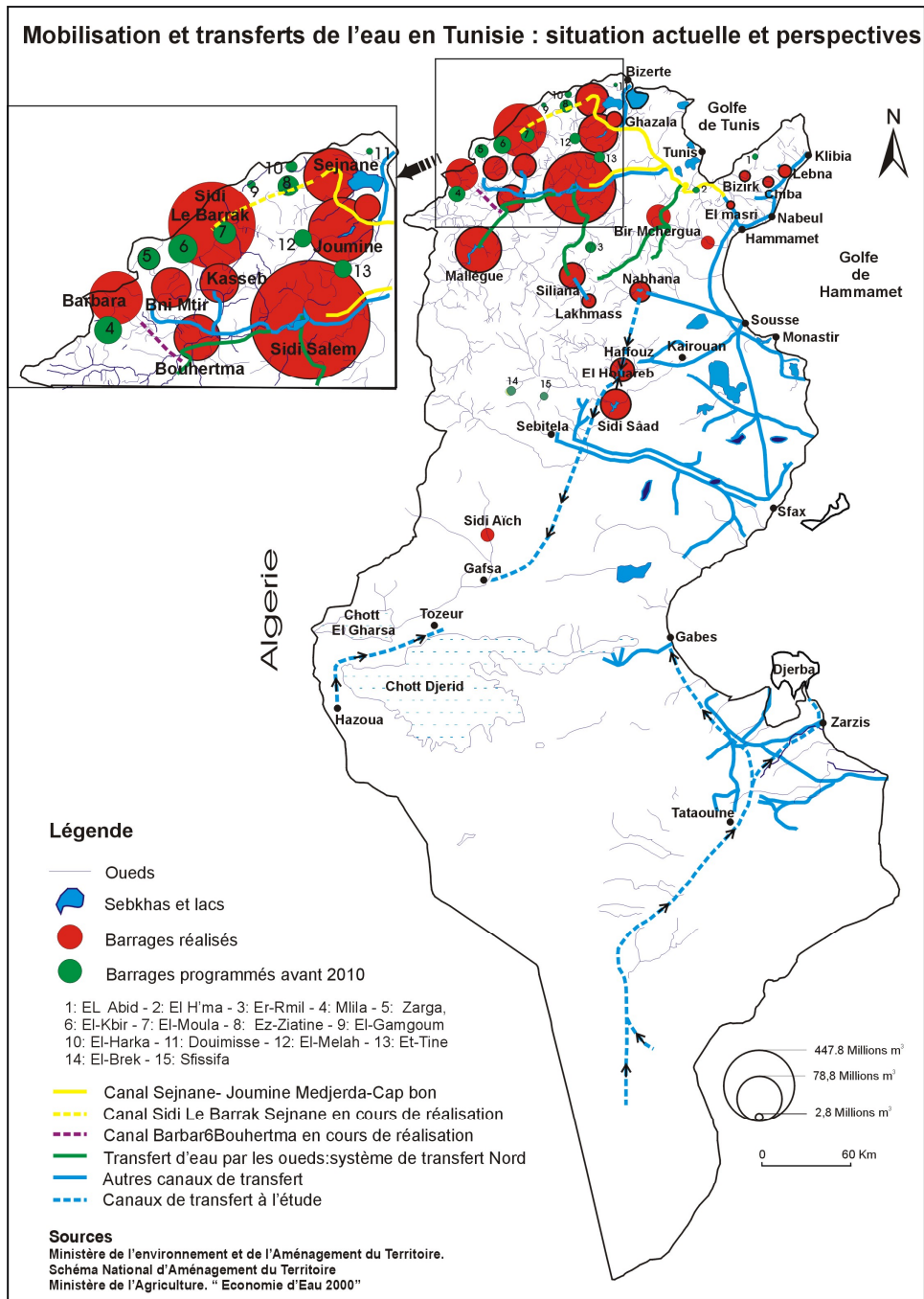


Figure 6 : Mobilisation et transfert de l'eau en Tunisie (in Daoud 2004)