

EVALUATION PRELIMINAIRE DE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DU MAROC

M. Mohamed Sinan, Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP), Casablanca, Maroc

M. Mohamed Jalil, Bureau d'Etudes Hydraumet, Casablanca, Maroc

Mme. Rajae Chafil, Ministère de l'Environnement du Maroc

ABSTRACT

The water resources in Morocco are characterized by their high sensitivity to climate patterns. Almost 80% of the 150 billions m^3 of the mean annual rainfall are lost by evapotranspiration. Only about 20% of this volume represent the useful rain feeding the superficial water streams and the groundwater tables. The mobilizable water resources are estimated to 20 billions m^3 (that is to say, only 13% of the total precipitation). The study reveals an increase in the mean annual temperature expected between 0.6 - 1.1°C and a decrease in the mean annual rainfall rate at about 4% in the 2020 horizon. These probable climate changes will cause a drop in the water resources estimated to 15% in the 2020 horizon. This situation should probably worsen the hydraulic stress of the country, increasing the deepening of the overexploited groundwater tables, and thus emphasizing the vulnerability of the water resources to pollution.

RÉSUMÉ

Les ressources en eau du Maroc sont caractérisées par une forte sensibilité au climat. Sur les 150 milliards de m^3 de précipitations moyennes annuelles, 80% sont perdues par évapotranspiration. Seules environ 20% des précipitations constituent la pluie utile alimentant les cours d'eau superficiels et les nappes souterraines. Les ressources en eau mobilisables sont estimées à environ 20 milliards de m^3 /an (soit seulement 13 % des précipitations totales). L'étude prévoit une augmentation des températures moyennes, estimée entre 0.6 et 1.1 °C et une baisse moyenne des précipitations de l'ordre de 4% à l'horizon 2020. Ces changements climatiques probables se traduiraient par une baisse des ressources en eau du pays de l'ordre de 15 % à l'horizon 2020. Cette baisse risque d'aggraver le stress hydraulique du pays et d'accentuer l'approfondissement des niveaux des nappes surexploitées avec comme corollaire, l'accentuation de la vulnérabilité des ressources en eau à la pollution.

1. INTRODUCTION

Les ressources en eau du Maroc sont caractérisées par une forte sensibilité aux variations climatiques. En effet, sur les 150 milliards de m^3 de précipitations annuelles que reçoit le pays, 121 milliards de m^3 /an (soit 80%) reviennent à l'atmosphère sous l'effet de l'évapotranspiration, seules environ 29 milliards (environ 20 %) s'en échappent et constituent la pluie utile.

Les ressources en eau réellement mobilisables (dans les conditions techniques et économiques actuelles) sont estimées à 20 milliards de m^3 /an (soit seulement 13 % environ des précipitations totales du pays), réparties en 16 milliards de m^3 /an d'eau superficielle et 4 milliards de m^3 /an d'eau souterraine. Le capital eau par habitant avoisine actuellement le seuil du stress hydraulique, qui est de 1000 m^3 /hab/an.

Ces ressources sont en plus caractérisées par répartition spatiale irrégulière. A cette dernière, s'ajoute également une grande variabilité temporelle des précipitations (pouvant varier entre 50 et 400 milliards de m^3 /an) au Maroc.

Cette irrégularité se répercute directement sur les ressources en eau disponibles, étant donné que ces dernières sont constituées en grande partie par des eaux superficielles (16 milliards de m^3 /an sur un total de 20 milliards de m^3 /an). En effet, Les principaux cours d'eau superficiels du Maroc (Oum Er Rbiaa, Tensift et Loukkos)

sont situés dans la partie Nord et Centre du pays et drainent environ 66 % des ressources superficielles du pays. C'est également le cas des principaux aquifères marocains (Rharb, Mâamora, Tadla, Haouz...).

La baisse des écoulements superficiels (pendant les périodes de sécheresse) se traduit également par une diminution de la recharge des aquifères, s'alimentant essentiellement par infiltration des eaux des crues et des précipitations. Ce déficit d'alimentation (conjugué à une plus grande exploitation pendant ces périodes) engendre une baisse des niveaux des nappes d'eau superficielle (atteignant parfois quelques mètres par an) et de la pression des nappes profondes (captives et/ou artésiennes). Ceci se traduit par la baisse (ou le tarissement) des écoulements de la plupart des sources et des débits de base des cours d'eau superficielle.

Parallèlement à ces conséquences quantitatives de la variabilité du climat, s'ajoute une sensibilité qualitative. En effet, la baisse des écoulements superficiels engendre une concentration plus importante de l'eau en éléments polluants (organiques et/ou physico-chimiques), notamment au niveau des cours d'eau recevant les rejets domestiques (des grandes agglomérations) et industriels à l'état brut.

Les ressources en eau du Maroc sont donc soumises à plusieurs contraintes, dont nous citerons quelques unes :

- une rareté structurelle;
- une irrégularité temporelle;

- une mauvaise répartition spatiale;
- une vulnérabilité à la sécheresse et à la pollution.

Depuis son indépendance (1956), le Maroc n'a cessé de mener des efforts considérables visant à satisfaire les divers besoins en eau (toujours grandissants) de la population et du développement socio-économique du pays. Cette politique a permis notamment la réalisation d'une centaine de grands barrages (totalisant une capacité de stockage d'environ 15 milliards de m³), 13 ouvrages de transfert d'eau superficielle (des bassins excédentaires vers ceux qui sont déficitaires) et la réalisation de plusieurs dizaines de milliers de forages et puits.

Cette importante infrastructure hydraulique permet la mobilisation d'un volume d'eau moyen annuel d'environ 14 milliards de m³, permettant la satisfaction des besoins en eau de l'irrigation (83 % du volume) et de l'alimentation en eau potable et industrielle (17 %) du pays.

La grande sensibilité des ressources en eau du Maroc au climat fait qu'en cas de changements climatiques (baisse des précipitations et augmentation des températures), ces ressources ne peuvent que diminuer. Le capital eau/habitant risque de baisser davantage et le développement socio-économique du pays risque d'être affecté.

La présente étude a pour objet :

- de faire une première évaluation approximative du degré de vulnérabilité des ressources en eau du Maroc face aux changements climatiques ;
- d'évaluer ces ressources à l'horizon 2020 en cas de confirmation des changements climatiques ;
- de proposer des mesures d'adaptation du secteur de l'eau face aux changements climatiques.

Elle a été élaborée dans le cadre de la préparation (par le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement) de la Communication Nationale Initiale du Maroc à la 7^{ème} Conférence des Parties (COP 7), tenue à Marrakech (Maroc) en octobre 2001.

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU MAROC

Le Maroc est situé à l'angle nord-ouest du continent africain, séparé de l'Europe par le détroit de Gibraltar.

Une de ses caractéristiques est sa grande extension en latitude, entre 21° et 36° nord, d'où son importante façade sur l'océan atlantique (2 934 km), à laquelle s'ajoutent, au nord, 512 km de côtes sur la mer Méditerranée (Min. Aménagt. Territoire. 2001).

Le Maroc s'étend sur une superficie de 710 850 km². Ses frontières sont limitées à l'est par l'Algérie et au sud par la Mauritanie.

Outre son importante façade maritime, la diversité géographique du Maroc est caractérisée par un domaine

montagneux étendu et d'altitude élevée. Quatre chaînes de montagnes, formées à des époques différentes, se succèdent du nord au sud du pays :

- Le Rif, en forme d'arc à concavité tournée vers le Nord, plonge ses pentes abruptes dans la Méditerranée (point culminant : Tidirhine 2465 m);
- Le massif de l'Atlas, où se situent les chaînes les plus hautes d'Afrique du Nord, comprend le Moyen –Atlas, le Haut-Atlas (Toubkal : 4167 m) et l'Anti-Atlas, chaînes d'orientation nord-est/sud-ouest.

A l'ouest de l'Atlas, s'étendent les plaines occidentales en bordure de l'Atlantique; au sud-est de l'Atlas et au sud du pays, des plateaux et plaines désertiques à semi désertiques.

Les principaux fleuves du pays (Loukkos, Bouregreg, Sebou, Oum Er Rbia, Souss) prennent naissance dans le Rif, le Moyen Atlas et /ou le Haut Atals et se jettent dans l'océan Atlantique. D'autres comme l'oued Ziz, se perdent dans le désert. Enfin, la Moulouya est le seul fleuve du Maroc important qui se jette dans la mer Méditerranée.

3. PROJECTIONS CLIMATIQUES

3.1 Climat et types de temps

A grande échelle, le climat du Maroc est fortement influencé par sa position géographique en zone intermédiaire entre deux grandes ceintures climatiques tempérée et tropicale. La nature et l'évolution saisonnière des masses d'air dirigées alternativement sur les régions du pays dépendent de la position relative de ces fronts.

La période favorable aux précipitations atmosphériques s'étend sur les saisons d'automne, d'hiver et de printemps, au moment de conflit des deux masses d'air polaire et tropical où les formations des basses pressions sont le plus souvent observées. La période pluvieuse pendant laquelle près de 95% ou plus de la quantité pluviale annuelle est recueillie se situe entre les mois d'octobre et mai. Les mois les plus pluvieux sont ceux de novembre, décembre, janvier et février. Ces précipitations de la saison hivernale demeurent les plus significatives malgré leur caractère très aléatoire et leur répartition spatiale inégale.

D'un autre côté, de par la forme du pays et la diversité des caractères géomorphologiques locaux notamment la situation géographique locale, la variété des reliefs, l'extension en latitude et l'exposition aux façades atlantique et méditerranéenne, on observe des zones climatiques différenciées. Ces zones présentent souvent de forts contrastes climatiques conditionnés par trois facteurs naturels : l'influence océanique, l'effet latitudinal, l'effet du relief et la dégradation continentale.

Ces différents facteurs interférant assez souvent et leurs effets se compensent ou s'additionnent selon les situations.

La grande variété de ces climats régionaux et locaux offre au visiteur du pays des paysages contrastés: les zones humides des régions montagneuses, les zones du Nord Ouest à climat tempéré et humide, les régions du Sud et Sud Est à climat aride, etc.

Sur le plan de l'évolution séculaire du climat marocain, plusieurs constats mettent en évidence une tendance au réchauffement associée à une réduction des précipitations sur la majeure partie du pays. Cette évolution est accompagnée par l'intensification des phénomènes extrêmes: orages et averses, sécheresses, vagues de chaleurs, etc. De tels phénomènes sont de plus en plus enclins à se produire avec des fréquences très rapprochées, malgré leur caractère aléatoire, et des degrés de plus en plus amplifiés.

3.2 Projections climatiques

L'étude des projections climatiques pour le Maroc corrobore ces tendances au réchauffement et à l'aridité du climat marocain. L'étude a été faite à partir de l'état de référence climatique et en utilisant le modèle MAGICC/SCENGEN fourni par l'IPCC. Le scénario d'émission adopté est le IS92a de l'IPCC avec une sensibilité moyenne du climat .

3.2.1 Résultats

Les résultats issus de la modélisation concernent l'élévation du niveau de la mer, le changement des températures et le changement des précipitations.

Les variations du niveau de la mer par rapport à 1990 sont issues des simulations du modèle MAGICC avec les paramètres par défaut et sans forçage. L'élévation moyenne du niveau de la mer due aux effets conjugués de l'expansion thermique et de la fonte des calottes polaires se situerait, à l'horizon 2020 entre 2,6 et 15,6 cm (en plus par rapport au niveau moyen de l'année 1990).

Par ailleurs, les sorties de modèles de circulation générale (MCG) données par les simulations faites en utilisant SCENGEN permettent de dégager les points pertinents suivants en ce qui concerne les changements climatiques prévus à l'horizon 2020 sur le Maroc (Jalil. 2001).

- Changements probables des températures moyennes: les simulations des changements des températures par les différents MCG présentent une très grande homogénéité et affichent toujours le même ordre de grandeur s'inscrivant dans la plage allant de 0,6° à 1,1°C en moyenne avec une bonne reproduction de l'effet de la latitude.
- Changements probables des hauteurs de précipitations: ces changements présentent de grandes disparités, tant qualitativement (sécheresse ou humidité) que quantitativement (amplitude du changement). On rencontre ainsi des simulations donnant une tendance à l'humidité et d'autres à la sécheresse. Cependant la plupart des modèles privilégient des tendances à la sécheresse avec des

plages de taux de réduction allant de -7% à 0% dans la partie Nord du pays, avec une moyenne de -4%.

3.2.2 Commentaires

La simulation de l'amplitude de variations dans les précipitations fait ressortir une nette distinction entre les zones Nord et les zones Sud et entre les zones au vent et les zones sous le vent (par rapport aux flux de la circulation générale). Ainsi, les simulations faites sur les zones se trouvant géographiquement au Nord-Est du 30^{ème} parallèle présentent une faible dispersion comparée à celles faites sur le reste du territoire national. Cela est dû fort probablement à la complexité de la paramétrisation physique du facteur pluviométrique en général et au non prise en compte de l'effet orographique de la barrière Atlassique par les modèles de circulation générale (MCG) (vu leur résolution de 5° pour le cas particulier du Maroc).

En plus des résultats probables donnés par les simulations en terme de changement dans les températures, les apports pluviométriques et l'élévation des niveaux des mers, les changements climatiques auraient également un impact direct sur la fréquence et la distribution des phénomènes extrêmes et ceux notamment liés au cycle hydrologique.

C'est ainsi que l'on pourrait vraisemblablement observer des phénomènes tels que :

- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des orages frontaux (dus aux effets thermodynamiques liés au réchauffement à la base des masses d'air confluant aux latitudes du Maroc) et des orages convectifs (dus aux effets de la convection thermique verticale), qu'accentue le soulèvement engendré par les reliefs.

Ces phénomènes seraient probablement exacerbés suite aux changements dans la thermodynamique atmosphérique liée au réchauffement global. Les régions les plus touchées par ces phénomènes s'étendraient sur l'ensemble de la partie Nord du Maroc, à l'Est de la chaîne atlassique. Les flancs du Moyen et Haut Atlas constituent des zones particulièrement vulnérables de ce point de vue.

- L'augmentation probable des fréquences et de l'intensité des sécheresses ayant tendance à s'aggraver sur les régions situées au Sud et à l'Est. Cette présomption s'explique d'une part par la perturbation du cycle hydrologique annuel avec des tendances à l'aggravation du déficit pluviométrique qui ressort des simulations exposées plus haut et d'autre part par l'effet des changements climatiques sur la modification de la circulation générale, notamment aux latitudes du Maroc.
- Le dérèglement du signal saisonnier des précipitations avec probablement des précipitations d'hiver qui auraient tendance à être moins persistantes et un nombre moyen de jours pluvieux qui aurait tendance à diminuer ;

- La modification de la nivologie : diminution des apports en enneigement en corrélation avec la diminution des apports pluviométriques en général, retrait du manteau neigeux suite à la migration vers des altitudes élevées de l'isotherme zéro et accélération des fontes des neiges.

3.3 Incertitudes sur les projections climatiques

Ces phénomènes liés au réchauffement global et aux modifications probables du cycle hydrologique induites par les changements climatiques ne sont toujours pas assez caractérisés et demeurent fortement entachés d'incertitudes.

Les sources d'incertitudes sont en effet nombreuses et l'on peut en citer :

- Les effets directs et indirects encore méconnus des aérosols anthropiques, leurs concentrations futures et leurs propriétés radiatives ;
- Les effets des rétroactions climatiques et leur modélisation : notamment les rétroactions liées aux nuages, aux océans, aux effets locaux, à la végétation, etc.
- Les erreurs de transposition des résultats des MCG à des échelles plus petites au niveau local ou régional (downscaling)
- Les erreurs de modélisation et d'intégration des MCG à des horizons de prévision lointains.

4. EVALUATION PRELIMINAIRE DE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DU MAROC

4.1 Méthodologie adoptée

Cette évaluation a été basée sur l'extrapolation des résultats de deux études effectuées sur deux bassins différents du Maroc, l'un est situé au centre nord (bassin de l'oued Ouergha) et l'autre au centre sud (bassin du Tensift).

Pour le bassin de l'oued Ouergha, la simulation de la situation à l'horizon 2020, a été faite à l'aide d'un modèle hydrologique, utilisant des données journalières des précipitations et des températures (Senoussi, 2000)

Le modèle a été calé à partir de ces données et des débits de l'oued Ouergha, enregistrés pendant la période 1979-1985. Il a ensuite été validé à l'aide des données enregistrées pendant la période 1986-1993.

Pour le deuxième bassin (Tensift), il n'a pas été possible d'utiliser un modèle hydrologique, en raison du manque de données climatiques, hydrologiques et piézométriques mesurées avec un pas de temps journalière.

L'alternative adoptée est l'établissement d'une régression entre les débits des écoulements superficiels et les précipitations parvenues à la surface du bassin de l'oued

N'Fis, affluent central et important de l'oued Tensift, qui collecte les écoulements superficiels avals du bassin.

Les résultats obtenus pour ces deux bassins ont été extrapolés à l'ensemble du pays.

4.2 Impact sur le bilan des ressources en eau

Une baisse moyenne comprise entre 10 et 15 % des écoulements superficiels et souterrains a été évaluée sur l'ensemble du territoire marocain à l'horizon 2020, par rapport au bilan de la période 1998-2000 (tableau 1).

Tableau 1. Projection des ressources en eau du Maroc en 2020

Ress. eau (10 ⁹ m ³ /an)	2000	2020		
		Absence de CC	Avec CC	Impact des CC
Renouvelables	29.0	29.0	25.5	-4.5
Mobilisables	20.0	20.0	17.0	-3.0
dont superficielles	16.0	16.0	13.6	-2.4
souterraines	4.0	4.0	3.4	-0.6
Capital en eau (m ³ /hab/an)	1010	775	682	-93
Population (millions habitants)	28.7	37.4		

4.3 Impact sur les eaux superficielles

L'impact des changements climatiques se traduirait par :

- un dérèglement des précipitations saisonnières : à volume égal, si les pluies sont concentrées sur une courte période de temps (un à deux mois), il s'en suivrait une diminution du potentiel pouvant être réellement mobilisé, car la capacité des barrages deviendrait insuffisante ;
- une réduction du nombre de jours d'enneigement à haute altitude, suite à l'élévation de la température. Cela entraînerait le dérèglement des régimes actuels des oueds (fleuves et rivières).

4.4 Impact sur les eaux souterraines

La baisse attendue des précipitations, conjuguée à la hausse inéluctable des prélèvements, provoquerait une baisse de la recharge des nappes d'eau souterraines. Cela se traduirait par une baisse accrue des niveaux piézométriques et par la baisse des pressions des nappes captives et artésiennes.

La baisse des niveaux piézométriques induirait une diminution des débits des exutoires naturels des nappes (sources, drainage par les cours d'eau, etc.).

En zone côtière, la baisse des gradients hydrauliques conjuguée à l'élévation du niveau de la mer (2.6 à 15.6 par rapport au niveau moyen de 1990), accentuerait l'invasion du sous-sol par les eaux marines, ce qui augmenterait la salinité des eaux des nappes.

4.5 Impact sur la qualité des eaux

La diminution des écoulements superficiels et souterrains, l'augmentation des températures et de l'évaporation se traduirait par :

- une augmentation de la concentration des polluants dans les cours d'eau et les nappes non protégées naturellement contre la pollution ;
- une réduction de la capacité d'auto-épuration des eaux superficielles, due à la baisse de leur potentiel en oxygène ;
- une augmentation de la salinité des eaux des lacs et des nappes peu profondes à cause d'une évaporation accrue ;
- une augmentation des teneurs en nitrates des nappes phréatiques situées à l'aplomb des périmètres irrigués ;
- une accentuation de l'érosion des sols exposés à des sécheresses plus fréquentes et/ou à de fortes inondations ; cette érosion accélérerait l'envasement des barrages.

5. MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS NEGATIFS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DU MAROC

Les mesures d'adaptation, aux impacts des changements climatiques sur les ressources en eau du Maroc, concernent notamment :

▪ **Poursuite et accélération de l'effort de mobilisation de l'eau conventionnelle**

Cette mobilisation devra concerner à la fois :

- les eaux superficielles, par la réalisation de nouveaux barrages (pour régulariser toutes les ressources encore mobilisables) et des transferts d'eau (entre bassins excédentaires et déficitaires) recommandés par les plans directeurs.
- les eaux souterraines, notamment celles des aquifères profonds non encore exploités.

▪ **Maintien et préservation de l'infrastructure hydraulique existante**

L'envasement des retenues des barrages constitue un problème majeur au Maroc. En effet, la capacité de stockage perdue par an est évaluée à 50 millions de m³ (Jellali, 1999), soit l'équivalent d'un barrage par an. Les superficies à risque d'érosion des bassins versants (contrôlés par les principaux barrages) à aménager d'urgence sont évaluées à près de 3 millions d'hectares (Jellali, 1999). Le Plan National d'Aménagement des bassins recommande de porter le rythme des réalisations anti-érosives de 35 000 à près de 75 000 hab/an (in, Jellali, 1999).

▪ **Utilisation des ressources en eau non conventionnelles**

Réutilisation des eaux usées épurées

Le volume des eaux usées produit passera de 546 millions de m³/an actuellement à environ 1 milliard de m³/an à l'horizon 2020 (CSEC, 2001). La restauration de la qualité de ces eaux permettra de dégager des nouvelles ressources (estimées à 500 millions de m³/an à l'horizon 2020) et d'atténuer les effets du déficit en eau prévisible à moyen et à long terme (Jellali, 1999).

Dessalement de l'eau de mer

Le Maroc compte environ 3500 km de côte. Le dessalement de l'eau de mer (déjà pratiqué actuellement dans le sud du pays) pourrait constituer une solution définitive au problème d'alimentation en eau potable des grandes agglomérations (notamment celles situées dans des bassins déficitaires) du pays situées à proximité du littoral.

Utilisation de l'eau saumâtre

Cette eau (superficielle ou souterraine) pourra être utilisée pour l'irrigation des cultures adaptées et pour la satisfaction des besoins en eau industriels.

▪ **Economie des ressources en eau conventionnelle mobilisée**

Cette économie devra concerner tous les secteurs grands consommateurs d'eau.

Economie de l'eau potable

Le rendement du réseau de distribution de l'eau potable est parfois inférieur à 70% dans certaines villes et centres urbains du pays. Cette situation génère d'importantes pertes d'eau évaluées en 1998 à environ 185 millions de m³/an, soit environ 37% du volume d'eau potable produit (CSEC, 2001). L'amélioration du rendement des réseaux de distribution d'AEP à un niveau de 80% permettra de faire

une économie d'eau, évaluée à environ 200 millions de m³/an (CSEC. 2001).

Economie de l'eau agricole

Les pertes d'eau enregistrées actuellement dans le secteur agricole sont évaluées à 890 millions de m³/an actuellement et à 1100 millions de m³/an à court terme (CSEC. 2001). Ces pertes sont dues essentiellement aux modes d'irrigation pratiqués, constitués notamment par le système gravitaire (83 %). Les techniques économes d'eau (telles que la goutte à goutte) ne sont pratiquées que sur 4% des superficies irriguées. La généralisation de ces techniques permettra de faire une économie substantielle de l'eau estimée à 1.1 milliard de m³/an à court terme (CSEC. 2001). Le coût de sa mise en œuvre est par ailleurs plus faible que celui de la mobilisation de l'eau conventionnelle par de nouveaux barrages.

Une adaptation des types de culture, aux ressources en eau projetée du pays, devra être également préconisée au niveau de chaque région du Maroc.

Economie de l'eau industrielle

La quantité d'eau utilisée dans le secteur industriel est évaluée à 1.1 milliard de m³/an, répartie en 877 millions de m³/an d'eau de mer et 210 millions de m³/an d'eau douce (89% de ce volume est rejeté dans la nature sous forme d'eau usée brute) (CSEC. 2001). La quantité d'eau douce utilisée représente environ 40% du volume d'eau utilisé dans le milieu urbain. Par comparaison aux expériences internationales en matière d'économie d'eau dans le secteur industriel, ce taux est considéré comme très élevé et pourra être réduit de façon significative en procédant au recyclage de l'eau, à l'utilisation des eaux saumâtres...

▪ **Gestion intégrée des ressources en eau**

Cette gestion a pour objectif d'optimiser le stockage et l'exploitation des ressources en eau dans un bassin donné. En effet les eaux des crues (des cours d'eau) et celles déversées par les barrages devront être utilisées pour recharger (artificiellement) les nappes déficitaires et pour augmenter leurs réserves. Ces dernières serviront à la satisfaction des besoins en eau dans le bassin pendant les périodes déficitaires (étiage, sécheresse prolongée...). Cette pratique est déjà utilisée dans certaines régions du Maroc, notamment au niveau des complexes de Charf El Akab (région de Tanger au Nord) et d'Aoulouz (région d'Agadir au centre).

Cette gestion intégrée devra être accompagnée également par un renforcement et une optimisation des réseaux de contrôle des ressources en eau (jaugeage, piézométrie, débit des sources...).

▪ **Protection des ressources en eau contre la pollution**

Les ressources en eau du Maroc, notamment souterraines, sont souvent menacées de pollution par le rejet des eaux brutes domestiques et industrielles, par l'infiltration (ou le ruissellement) des lixiviats au niveau des décharges brutes et par la percolation des eaux chargées en nitrates au niveau des périmètres irrigués. La dépollution des aquifères est une opération très coûteuse parfois même presque impossible (cas de pollution généralisée sous les périmètres irrigués).

La vulnérabilité et la sensibilité de ces ressources en eau devront être caractérisées sous forme cartographique. Ces documents devront être pris en compte dans tout projet d'aménagement du territoire (choix des sites des zones industrielles, de décharges domestiques et de produits toxiques, exploitation de carrières...).

Les ouvrages d'eau souterraine du Maroc, utilisés pour l'alimentation en eau potable, ne sont toujours pas réellement protégés sur le terrain par des périmètres de protection. Ces zones devront être définies et instaurées dans les plus brefs délais conformément à la nouvelle loi sur l'eau (loi 10-95). Toute activité génératrice de pollution à l'intérieur des limites de ces périmètres devra être réglementée.

Les différents déchets (domestiques, industrielles, hospitaliers...) devront être enfouis dans des décharges contrôlées ou incinérées pour éviter que les lixiviats ruissellent (vers les cours d'eau superficielle) et/ou percolent (vers les nappes) et contaminer les ressources en eau.

▪ **Renforcement du cadre réglementaire**

Ce renforcement devra concerner notamment :

Une gestion décentralisée des ressources en eau au niveau des bassins ;

L'application dans les plus délais de la loi sur l'eau (10-95), notamment les articles relatifs :

- à la protection des ouvrages d'AEP par des périmètres de protection;
- au paiement de redevances (par les différents utilisateurs) pour le débit d'eau prélevé et pour la pollution déversée dans le milieu naturel.

Enfin, pour leur assurer une chance importante de réussite, ces mesures devront être accompagnées nécessairement par un vaste programme de :

- renforcement des capacités scientifiques et techniques du Maroc dans le domaine des changements climatiques et de leurs impacts sur les ressources en eau ;

- renforcement de la sensibilisation du grand public et des différents usagers sur la précarité des ressources en eau du Maroc et pour les inciter à une plus grande économie de cette denrée vitale et hélas non inépuisable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agoumi, A., Henia, L., Mokssit, A., Hassani M.I. 1998. Changements climatiques et ressources en eau dans les pays du Maghreb.
- CSEC, 9ème session. 2001. Plan directeur pour le développement des ressources en eau des bassins du Tensift.
- Direction Générale de l'Hydraulique (DGH). 2001. L'Hydraulique en chiffres.
- Direction Générale de l'Hydraulique (DGH). 2000. Etat de la qualité des ressources en eau au Maroc.
- DGH. 1999. Loi N° 10-95 sur l'eau. Textes d'application adoptés, Décrets, Arrêtés et Circulaires.
- DRPE. 1989. Etude du Plan Directeur Intégré d'Aménagement des Eaux des Bassins du Sebou, Bou Regreg, Oum Er Bia et Tensift. Sous mission ID : Bilan Ressources-Besoins et scénarios de développement.
- IPCC. 2001. Le 3^{ème} rapport d'évaluation du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. GIEC/IPCC.
- Jalil, M. 2001. Vulnérabilité du Royaume du Maroc face aux impacts des changements climatiques : Premier diagnostic. Impact sur le climat. Ecole Hassania des Travaux Publics et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement.
- Jellali, M. 1999. La gestion de l'eau au Maroc. Revue des Mines (France) N° 380. Spécial Maroc.
- Mokssit, A., Benbibba A., Ouldbba A., Benabdelfadel A., Bensaid, F. 1998. Changements climatiques et ressources en eau au Maroc. Projet Maghrebin sur les changements climatiques. Projet RAB/94/G31, PNUD/FEM.
- Senoussi, S. 2000. Variabilité climatique et ressources en eau: cas du bassin versant de l'Ouergha. Thèse de doctorat. Univ. Hassan II, Casablanca, Maroc.
- Sinan, M. 2001. Vulnérabilité du Royaume du Maroc face aux impacts des changements climatiques : Premier diagnostic. Impact sur les ressources en eau. Ecole Hassania des Travaux Publics et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement.
- Sinan, M. 2000. Méthodologie d'identification, d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par la combinaison des SIG, de la géophysique et de la géostatistique. Application à l'aquifère du Haouz de Marrakech (Maroc). Doctorat d'état, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc.
- Senoussi, S., Agoumi, A., Yacoubi, M., Fakhraddine, A., Sayoputy, E.H., Mokssit, A., Chikri, N. 1999. Changements climatiques et ressources en eau. Bassin versant de l'Ouegha (Maroc). Hydroécol. Appl. (1999). Tome 1/2 Vol. 11.