

SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA GESTION DES AQUIFERES COTIERS :

VULNÉRABILITÉ ET ADAPTATION AUX IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RIVE SUD DU BASSIN MÉDITERRANÉEN



Avec le soutien du Ministère italien de l'Environnement, de la Protection du Territoire et de la Mer

GOLDEN TULIP FARAH. RABAT. MAROC
30 JUIN - 1^{ER} JUILLET 2010



SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA GESTION DES AQUIFERES COTIERS :

VULNÉRABILITÉ ET ADAPTATION AUX IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RIVE SUD DU BASSIN MÉDITERRANÉEN



Avec le soutien du Ministère italien de l'Environnement, de la Protection du Territoire et de la Mer

GOLDEN TULIP FARAH, RABAT, MAROC
30 JUIN - 1^{ER} JUILLET 2010

Les idées et opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant à leurs frontières ou limites.

Les frontières qui figurent sur les cartes que nous publions n'impliquent pas reconnaissance officielle par l'UNESCO ou par les Nations Unies.

Edité par:

GEB-Environnement.com



Publié au Maroc en 2010

SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA GESTION DES AQUIFERES COTIERS :

**VULNÉRABILITÉ ET ADAPTATION AUX IMPACTS
DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RIVE SUD
DU BASSIN MÉDITERRANÉEN**

**GOLDEN TULIP FARAH, RABAT, MAROC
30 JUIN - 1^{ER} JUILLET 2010**

SOMMAIRE

1^{ère} PARTIE

DOCUMENT DE TRAVAIL

Liste des tableaux	11
Liste des figures	13
Abréviations	15
1. INTRODUCTION	17
2. LES PAYS DE LA REGION ARABE	17
3. LE BASSIN MEDITERRANEEN ET LA RIVE SUD	19
3.1. Généralités	
3.1.1. Ressources en eau	19
3.1.2. Littoral méditerranéen	23
3.2. Changement climatique	
3.2.1. Vulnérabilité et impacts sur les zones côtières méditerranéennes	30
3.2.2. Adaptation au changement climatique	32
4. PROGRAMMES, PROJETS, COLLOQUES ET SEMINAIRES	35
5. REFERENCES	49

2^{ème} PARTIE

ACTES ET RECOMMANDATIONS DU SEMINAIRE

1. LES ACTES	53
PRÉSENTATION D'OUVERTURE	55
SESSION TECHNIQUE N°1	57
Séance 1 – Gestion de la Ressource en Eau	57
Séance 2 – Intrusion marine	63
SESSION TECHNIQUE N°2	68
Séance 1 – Modélisation	68
Séance 2 – Changement Climatique	74
SESSION TECHNIQUE N°3 – SALINISATION	79
2. LES RECOMMANDATIONS	82
LES RECOMMANDATIONS EN FRANÇAIS	82
RECOMMANDATIONS IN ENGLISH	85

3^{ème} PARTIE

ANNEXES

1. LE PROGRAMME	91
2. LES PHOTOS¹	

¹ Pour visualiser le diaporama, cliquez ici : 1, 2, 3.
Pour récupérer les photos en bonne résolution, cliquez ici.

PARTIE I

DOCUMENT DE TRAVAIL

AVRIL 2010

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Ressources en eau des principaux pays Arabes de la rive Sud du bassin méditerranéen (Béthemont, 2001)	23
Tableau 2.	Réglementation littorale existante dans quelques pays méditerranéens arabes (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)	27
Tableau 3.	Parties contractantes au Protocole sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) (Programme d'Actions Prioritaires, 2010)	29
Tableau 4.	Récapitulatif (non exhaustif) des programmes existants relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique	36
Tableau 5.	Récapitulatif (non exhaustif) des projets existants relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique	40
Tableau 6.	Récapitulatif (non exhaustif) des séminaires/colloques organisés dans les domaines relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	En rouge sont représentés les pays de la Région Arabe	18
Figure 2.	Un espace méditerranéen à plusieurs dimensions (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)	20
Figure 3.	Ressources en eau naturelle renouvelables par habitant dans les différents bassins élémentaires méditerranéens (entre 1995-2005) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)	21
Figure 4.	Précipitations inégalement réparties dans l'espace et dans le temps au niveau du pourtour méditerranéen (Thivet, 2008b)	22
Figure 5.	Indice d'exploitation des ressources renouvelables au niveau des pays entiers du pourtour méditerranéen en 2005 et en 2025 (Thivet, 2008a)	24
Figure 6.	Coûts annuels moyens des dommages liés à la dégradation de l'environnement (% du PIB) (Benoit, 2006)	25
Figure 7.	Les différentes formes de pression sur le littoral (autre que le changement climatique) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)	26
Figure 8.	Les impacts biophysiques et socio-économiques éventuels du changement climatique dans les zones côtières (Adaptée de Warren, 2004)	33

ABREVIATIONS

AIH	Association internationale des hydrogéologues
APAL	Agence de protection et d'aménagement du littoral (Tunisie)
CAD-CZM	Commission on Coastal Aquifer Dynamics and Coastal Zone Management
CAR/PAP	Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'actions prioritaires
CAR/PB	Centre d'Activités Régionales/Plan Bleu
CMDD	Commission méditerranéenne du développement durable
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIRE	Gestion Intégrée de Ressources en Eau
GIZC	Gestion Intégrée des Zones Côtières
GWP	Global Water Partnership
GWP-Med	Global Water Partnership–Mediterranean
IEA	Institut International de l'Eau et de l'Assainissement
ISARM	International Shared Aquifer Resource Management
MEDA	Euro Mediterranean Partnership
MENA	Middle East and North Africa
METAP	Mediterranean Environmental Technical Assistance Program
ONEP	Office National de l'Eau Potable
PAC	Programmes d'aménagement côtier
PAM	Plan d'Action pour la Méditerranée
PAP	Programme d'actions prioritaires
PC	Parties contractantes

PHI	Programme Hydraulique International
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
TARM	Transboundary Aquifer Resources Management
UE	Union Européenne
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture / United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

1. INTRODUCTION

L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), l'Institut International de l'Eau et de l'Assainissement (IEA) de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) au Maroc et le Ministère Italien de l'Environnement, de la Protection du territoire et de la Mer organisent, les 21 et 22 avril 2010, une réunion d'experts pour débattre sur la problématique de la gestion des aquifères côtiers face aux impacts potentiels du changement climatique, sous le thème « SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA GESTION DES AQUIFERES COTIERS : Vulnérabilité et Adaptation aux Impacts du Changement Climatique sur la rive Sud du bassin méditerranéen ».

L'objectif est donc de réunir un grand nombre d'experts nationaux et internationaux impliqués dans les dynamiques liées à la gestion des aquifères côtiers pour évaluer leurs vulnérabilités et recenser les projets d'adaptation aux impacts du changement climatique dans les pays arabes se trouvant sur la rive Sud du bassin méditerranéen.

Afin d'orienter le séminaire et d'ouvrir les débats, un document de travail a été réalisé et propose, entre autre, de répertorier les différentes manifestations et programmes relatifs à la thématique du séminaire.

2. LES PAYS DE LA REGION ARABE

La région arabe, qui regroupe 21 pays, s'étend de l'Afrique du Nord à l'Asie du Sud-Ouest et a une superficie totale qui dépasse 14 millions de km². Elle est constituée de plaines, de plateaux, de vallées arides, de hauts plateaux relativement limités et de régions montagneuses (El-Bagouri, 2007).

Les pays de la région sont caractérisés par de vastes plaines côtières et de longues côtes surplombant le golfe Arabe, l'océan Pacifique, la mer Rouge, la mer Méditerranée et l'océan Atlantique. La population de la région s'élève à 290 millions habitants, avec un taux de croissance annuel continu estimé en moyenne à 2% (El-Bagouri, 2007).

La région arabe est essentiellement dotée d'un climat aride caractérisé par des conditions très arides dans plus de 89% de la région et des zones semi-arides et semi-humides confinées aux terres surélevées dans les 11% restants. Dans les régions arides, la pluviosité marginale annuelle est de 350 mm maximum, entre 400 et 800 mm dans les régions semi-arides et entre 800 et 1500 mm dans les régions semi-humides. Dans l'ensemble de la région, les précipitations sont caractérisées par l'inégale répartition dans l'espace, l'augmentation de la pluviosité au cours de certaines saisons, une pluviométrie annuelle variant selon les années, des averses sporadiques d'intensité variée. La plupart des pays arabes connaissent des précipitations très variables et des périodes de sécheresse récurrentes plus ou moins graves ou longues. Les températures moyennes annuelles, ainsi que les températures maximales et minimales varient également et peuvent descendre au-dessous de zéro ou atteindre plus de 50 °C selon les saisons et les régions (El-Bagouri, 2007).

3. LE BASSIN MEDITERRANEEN ET LA RIVE SUD

La réussite d'une initiative de cette envergure est largement conditionnée par le soutien Le bassin méditerranéen désigne à la fois la mer Méditerranée et les régions méditerranéennes correspondant au Sud de l'Europe, au Proche-Orient et à l'Afrique du Nord (Figure 2). Les 22 pays et territoires riverains de la Méditerranée constituent un ensemble contrasté. Ils représentaient ainsi en 2008 (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009) :

- 5,7% de surfaces émergées de la planète dont une grande partie d'espaces désertiques et montagnards ;
- 10% des espèces connues de végétaux supérieurs sur seulement 1,6% de la surface terrestre et 7% des espèces marines sur moins de 0,8% de la superficie des océans ;
- 7% de la population mondiale avec environ 460 millions d'habitants (constant) dont deux tiers sont urbains ;
- 31% du tourisme international avec 275 millions de visiteurs ;
- 12% du Produit Intérieur Brut (PIB) mondial (en baisse) ;
- 60% de la population des pays « pauvres en eau » dans le monde ;
- 8% des émissions de CO² (en hausse) ;
- Et la mer voit passer chaque année environ 30% du trafic fret maritime international et 20 à 25% du transport maritime d'hydrocarbures.

3.1. GÉNÉRALITÉS

3.1.1. Ressources en eau

Dans ces régions, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps (Figure 3 et Tableau 1), les pays de la rive Sud (du Maroc à la Syrie) ne recevant que 10% du total des précipitations (Figure 4) (, 2008a ; Blinda, 2009).

Par ailleurs, les ressources en eau naturelles renouvelables dans cette région sont estimées, en année moyenne, à 1080 km³/an (Blinda, 2009), soit moins de 3% des ressources mondiales pour plus de 7% de la population mondiale (Milano, 2010).

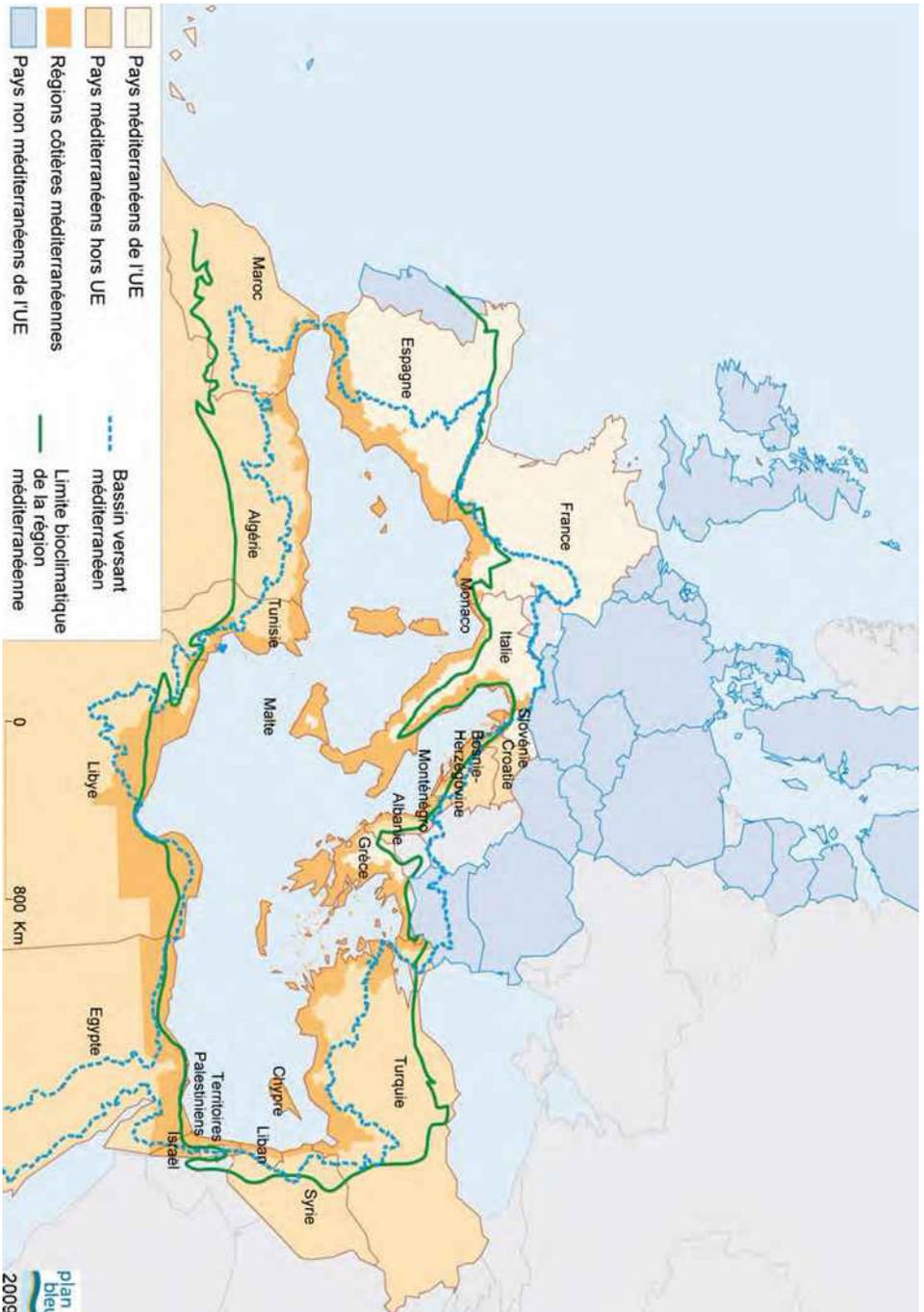


Figure 2. Un espace méditerranéen à plusieurs dimensions (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)

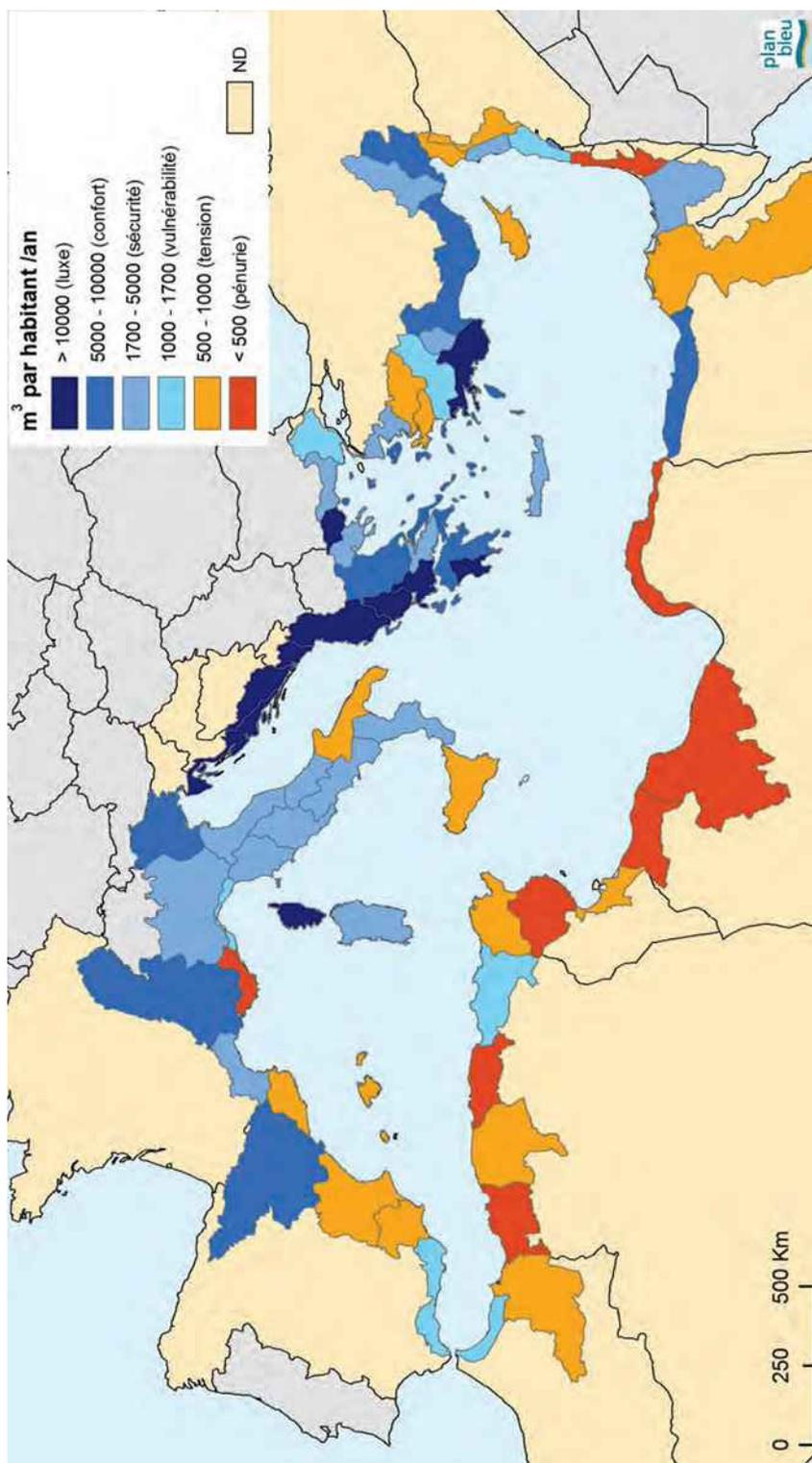


Figure 3. Ressources en eau naturelle renouvelables par habitant dans les différents bassins élémentaires méditerranéens (entre 1995-2005) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)

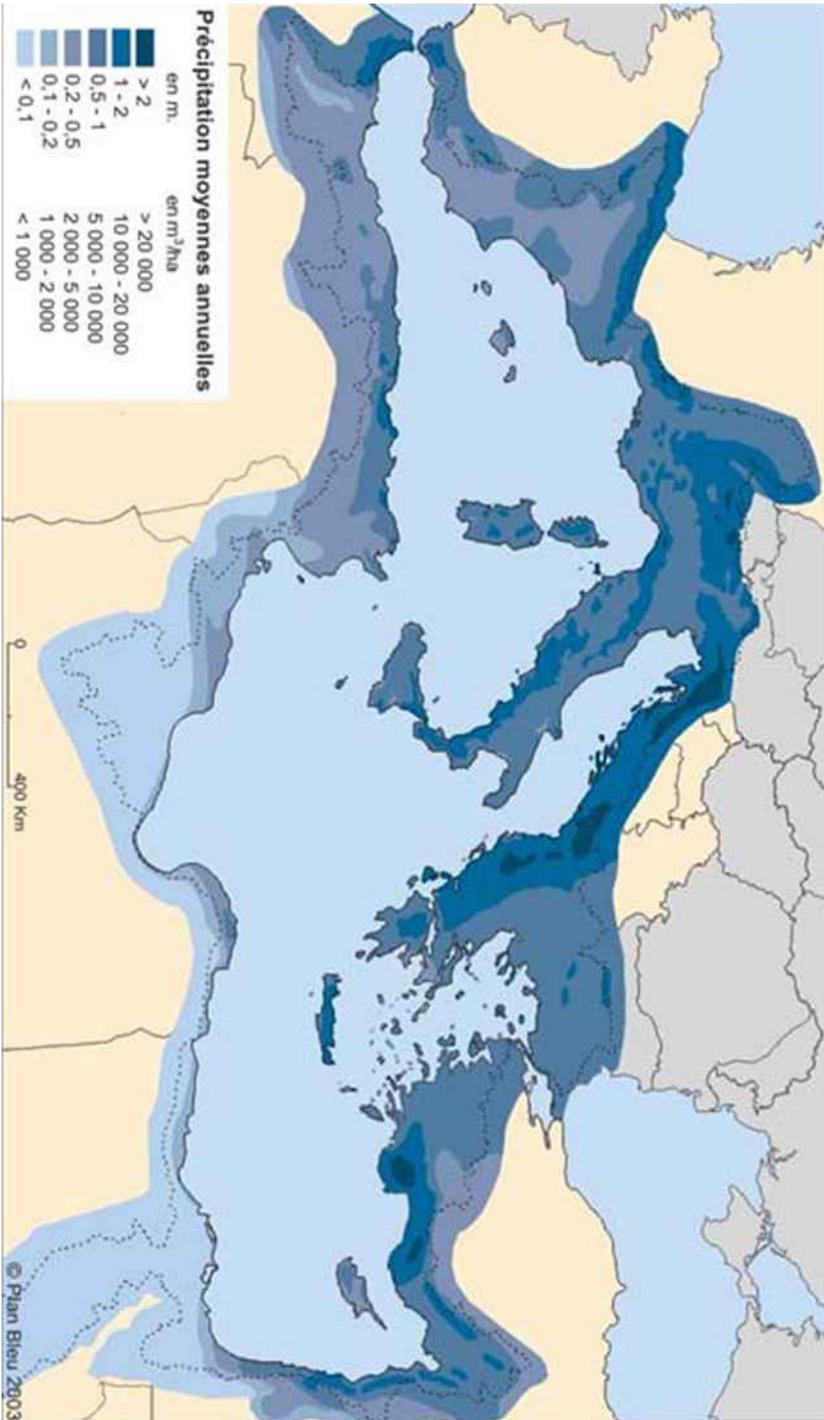


Figure 4. Précipitations inégalement réparties dans l'espace et dans le temps au niveau du pour tour méditerranéen

Tableau 1. Ressources en eau des principaux pays Arabes de la rive Sud du bassin méditerranéen (Béthémont, 2001)

Nom	Ressources en eau par an et par habitant en 1990 en m ³	Estimation de la ressource en 2025
Algérie	545	265
Egypte	1078	640
Liban	1380	860
Libye	230	65
Maroc	1460	545
Syrie	2963	625
Tunisie	490	240

Alors que les ressources sont déjà surexploitées en maints endroits (Figure 5), l'augmentation des besoins en eau restera très forte du fait de la croissance démographique de la rive Sud, du développement des terres irriguées, de l'industrie et du tourisme. En effet, de façon générale, la demande en eau des pays méditerranéens, qui a déjà doublé au cours de la 2^{ème} moitié du XX^{ème} siècle, devrait ainsi atteindre une augmentation d'environ 50 km³ en 2025 pour atteindre près de 330 km³/an, soit un niveau difficilement compatible avec les ressources renouvelables (Thivet, 2008a).

Ainsi, les coûts annuels de la dégradation environnementale sur les rives Sud du bassin méditerranéen ont été estimés par la Banque Mondiale à près de 3% en Tunisie, 4,5% au Maroc et près de 5% du PIB en Algérie. Sont notamment en cause les dégradations du littoral, des ressources en eau, des sols et de l'environnement urbain (Figure 6) (Benoit, 2006).

3.1.2. Littoral méditerranéen

Le littoral méditerranéen s'étire sur environ 46 000 km, dont près de 19 000 km pour les îles. Si 54% des côtes sont rocheuses, 46% sont sédimentaires et comprennent d'importants écosystèmes fragiles tels que des plages, des dunes, des récifs, des lagunes, des marécages, des estuaires ou des deltas (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

Le littoral méditerranéen représente un capital inestimable par la valeur de ses écosystèmes et de son patrimoine culturel, et par l'importance de sa fonction sociale et de son identité maritime. Le littoral est aussi un espace convoité où se concentrent infrastructures de transports, urbanisation touristique et nombre d'installations industrielles (Benoit, 2006).

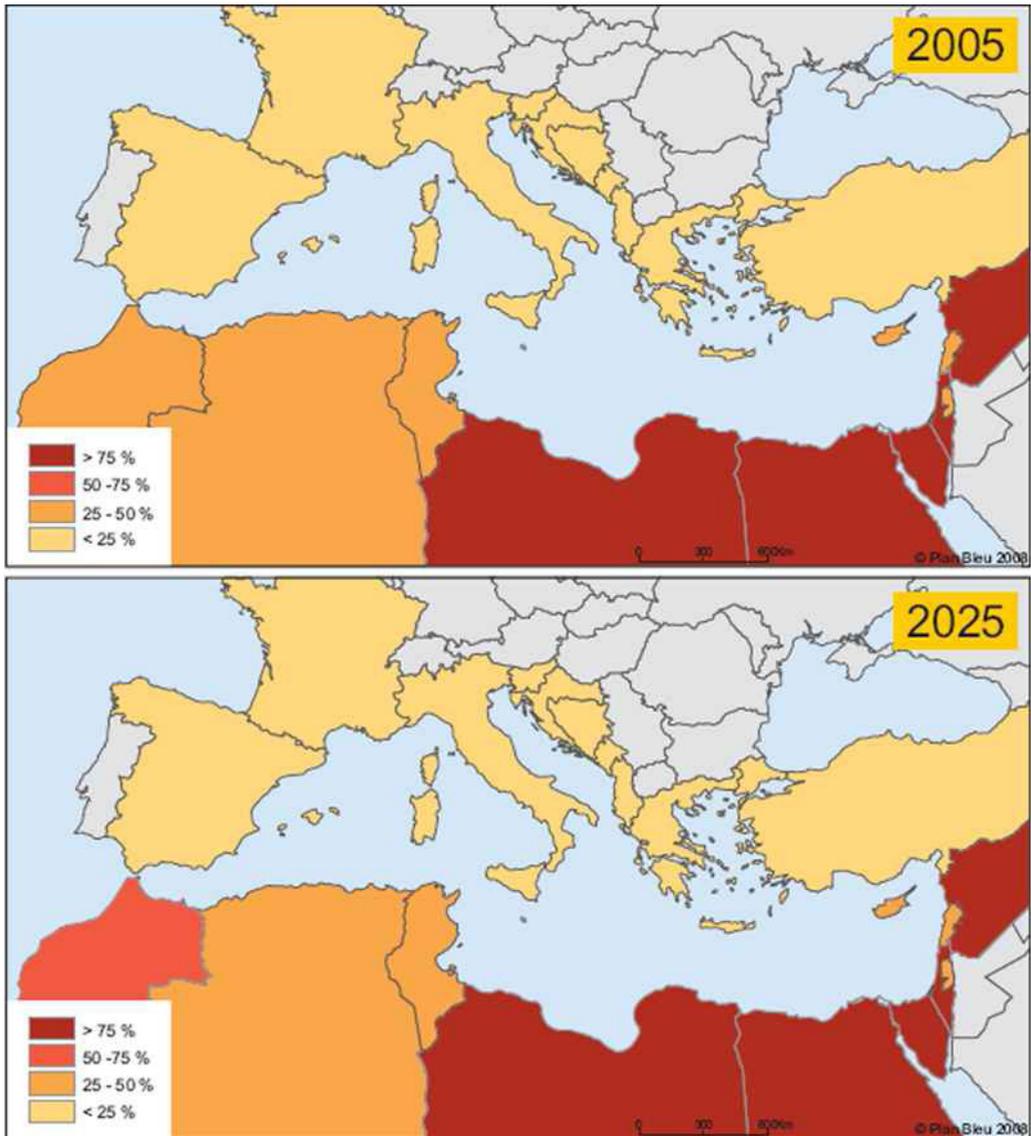


Figure 5. Indice d'exploitation des ressources renouvelables au niveau des pays entiers du pourtour méditerranéen en 2005 et en 2025 (Thivet, 2008a)²

Ainsi, les deux rives subissent des pressions et des dégradations croissantes (Figure 7) (Benoit, 2006). Le rythme d'artificialisation des côtes est élevé (Benoit, 2006) ; 40% du linéaire côtier est actuellement artificialisé (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009). Des portions entières du littoral ont été bétonnées en moins d'une génération, avec des dégradations irréversibles des paysages, et des pertes d'habitats et de biodiversité.

²Note de la Figure 5 : Un indice voisin ou supérieur à 75% indique des tensions sur les ressources en eau déjà très fortes ; un ratio entre 50 et 75% signale des risques importants de tensions structurelles à moyen terme ; avec un ratio entre 25 et 50%, les pays peuvent connaître des tensions locales ou conjoncturelles.

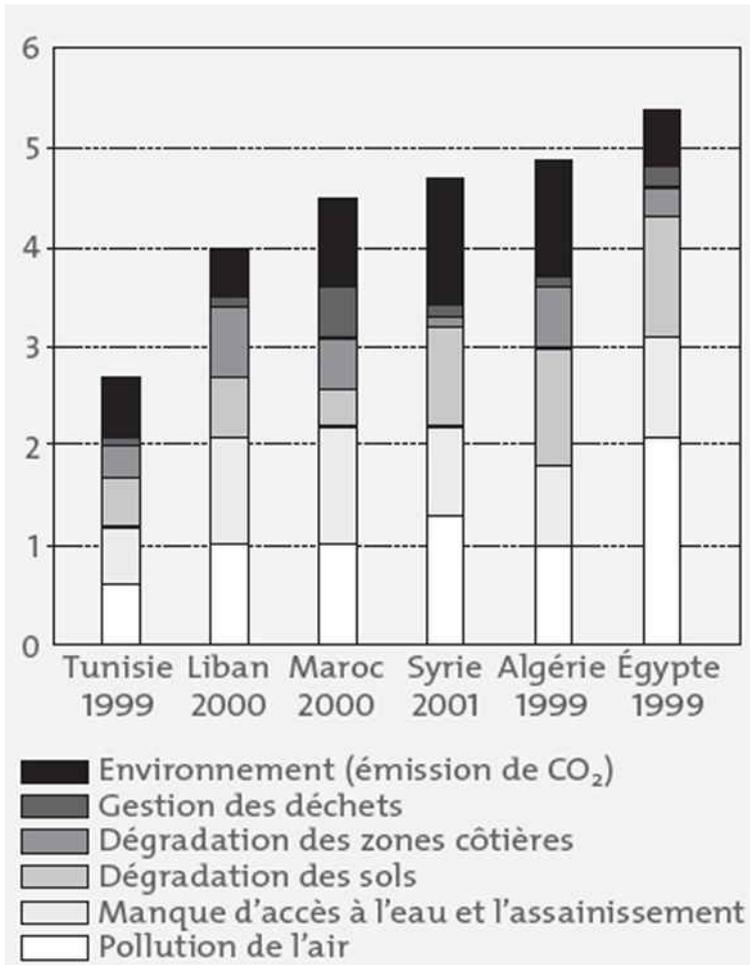


Figure 6. Coûts annuels moyens des dommages liés à la dégradation de l'environnement (% du PIB) (Benoit, 2006)

La diminution des apports naturels de sédiments par les fleuves (réduction de 90% en 50 ans), les constructions inadaptées à même la côte, et les extractions illégales de sable (Benoit, 2006), provoquant l'érosion du littoral (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009), conjuguent leurs effets. Les conséquences économiques de l'érosion côtière peuvent être importantes. Par exemple, Tanger a perdu 53% de ses nuitées touristiques suite à la quasi-disparition de la plage dans les années 1990 (Benoit, 2006).

Cependant, tous les Etats riverains de la Méditerranée ont mis en place des mesures pour protéger leur littoral des pressions nées de l'aménagement. La plupart disposent de forme de réglementation du littoral et de différentes activités visant à stopper et inverser la dégradation des zones côtières. Mais il reste encore à concevoir des initiatives stratégiques qui aborderaient, dans une perspective globale, la notion spécifique de littoral, la question de la coordination sectorielle et administrative et de l'efficacité de la participation (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

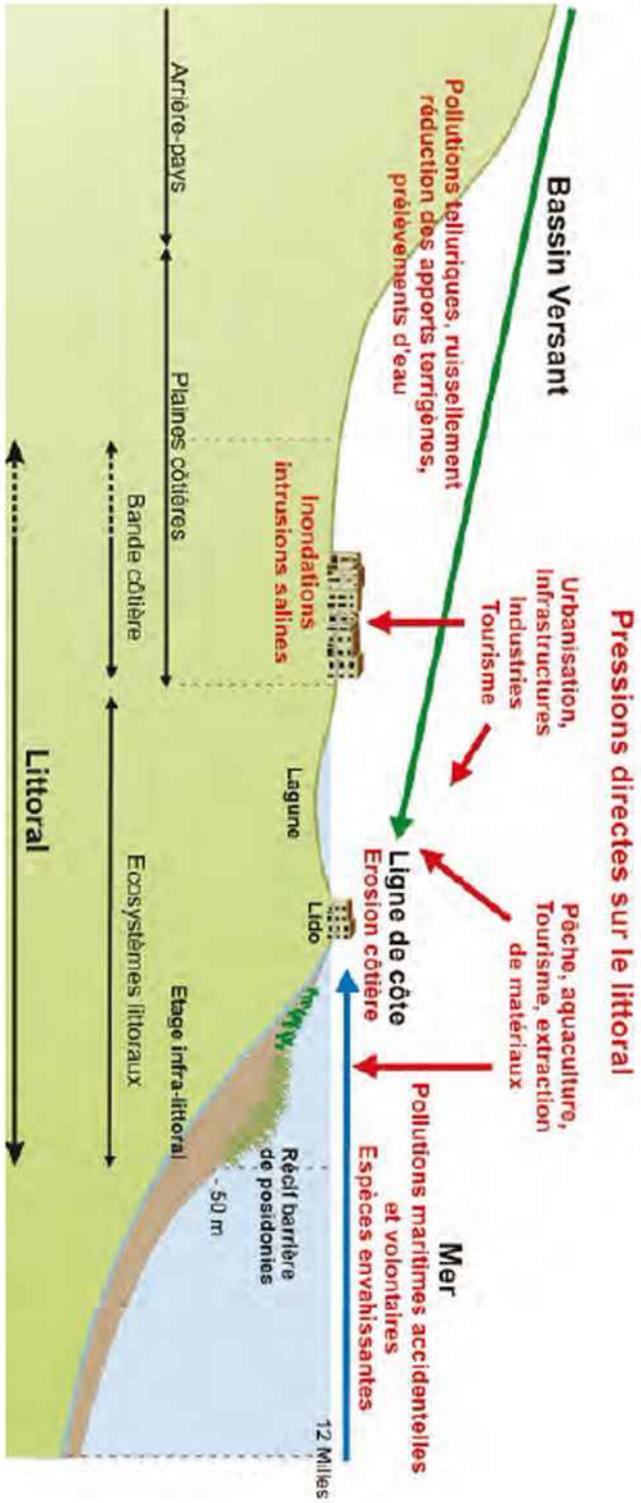


Figure 7.

Les différentes formes de pression sur le littoral (autre que le changement climatique) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)

En terme de cadre légal, la Méditerranée se caractérise principalement par la séparation administrative entre la terre et la mer, qui entrave la mise en place d'une gestion durable du littoral. En 2006, seuls cinq pays du bassin méditerranéen disposaient d'un cadre légal propre au littoral (la Grèce, 1940 ; le Liban, 1966 ; la France, 1986 ; l'Espagne, 1988 ; l'Algérie, 2002), le Maroc et Israël étant en train de l'élaborer. En revanche, la plupart des pays disposent d'un type de réglementation des côtes, par exemple en matière de construction (Tableau 2). La gestion du littoral méditerranéen souffre essentiellement du manque de coordination entre les institutions et entre les secteurs industriels. Quatre pays ont créé des organismes chargés exclusivement du littoral ; il s'agit du Commissariat national du littoral en Algérie, du Conservatoire du littoral en France, de la Cellule du Littoral au Maroc et de l'Agence de protection et d'aménagement du littoral (APAL) en Tunisie.

Tableau 2. Réglementation littorale existante dans quelques pays méditerranéens arabes (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)

Pays	Législation spécifique relative aux zones	Loi cadre	Définition de la zone littorale / Limites de construction définies par la loi
Algérie	Oui	Oui, 2002	La zone littorale se situe de 800 m à 25 km, avec une plaine côtière de 3 km. Aucune construction sur la bande des 100-300 m.
Egypte	Oui		Zone littorale très large (jusqu'à 30 km). Aucun bâtiment normalement dans les 200 mètres. La construction dans un rayon de 200 m nécessite une étude d'impact
Maroc		Projet de loi	Aucune construction à moins de 100 m, sauf pour les activités qui nécessitent la proximité de la mer.
Tunisie	Oui		Les limites de la zone littorale varient de site en site. Aucune construction n'est permise à moins de 100 m. En zone urbaine, la construction est autorisée dans les 25 m.

Les compétences et les rôles de ces organismes varient du recensement des zones côtières à l'élaboration et l'application des documents légaux jusqu'à la création d'espaces protégés (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

Par ailleurs, depuis la révision de la Convention de Barcelone en 1995, les zones côtières se trouvent au cœur des politiques proposées aux Parties contractantes (PC) à cette Convention. Ces politiques se sont traduites par une multitude de lignes directrices, recommandations, plans d'action et livres blancs qui n'ont qu'une valeur de « soft law », c'est-à-dire non contraignante pour les États. De tels instruments se caractérisent par leur simplicité et leur souplesse. Ils peuvent être adoptés et modifiés sans procédures particulières. Mais, ne reposant que sur une base volontaire, leur application est quasi nulle en raison de leur caractère facultatif et non contraignant. C'est pourquoi un instrument régional juridiquement contraignant a été adopté, le Protocole sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières³ (GIZC), par le PC et signé (Tableau 3) le 21 janvier 2008, à Madrid, suite à un nombre important de travaux, d'activités et de recommandations visant à souligner la nécessité de prendre en compte la fragilité des zones côtières dans les politiques de développement durable de la Méditerranée, en prenant acte de la multiplicité et de la complexité des problèmes rencontrés dans la gestion des zones côtières des PC (Programme d'Actions Prioritaires, 2010).

Le protocole est en fait le seul instrument légal pour la GIZC dans toute la communauté internationale et il pourrait servir de référence pour d'autres mers régionales. Cependant, pour entrer réellement en vigueur, le protocole doit être ratifié par au moins six pays (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009). À ce jour, seulement trois pays l'ont ratifié, dont l'Albanie, en attente de la notification de l'Espagne (Tableau 3). De plus, il est encore trop tôt pour présenter des réalisations concrètes. Néanmoins, l'application du protocole pourra permettre aux pays de s'attaquer aux différents défis qui pèsent sur les zones côtières du pourtour méditerranéen (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009) :

- La prise en considération des écosystèmes dans les politiques d'aménagement et de gestion peut grandement contribuer à préserver la biodiversité du littoral ;
- L'institution d'une bande non constructible d'au moins 100 m de large peut permettre d'empêcher la surexploitation des ressources côtières ;
- La mise en place d'un mode de gestion durable des plages rendrait possibles une évaluation et une surveillance continue de celles-ci, dans une approche globale soucieuse de la préservation des écosystèmes ;
- L'adoption des mesures nécessaires pour prévenir les catastrophes naturelles et réagir plus rapidement à leurs répercussions, principalement en faisant jouer la coopération internationale et la coopération entre les autorités nationales, régionales, locales et les autres parties prenantes ;

³Gestion Intégrée des Zones Côtières : « Processus dynamique de gestion et d'utilisation durables des zones côtières, prenant en compte simultanément la fragilité des écosystèmes et des paysages côtiers, la diversité des activités et des usages, leurs interactions, la vocation maritime de certains d'entre eux, ainsi que leurs impacts à la fois sur la partie marine et la partie terrestre » (Définition du Protocole sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières de la Méditerranée, 2008).

Tableau 3. Parties contractantes au Protocole sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) (Programme d'Actions Prioritaires, 2010)

Pays	Signé (date, lieu)	Ratifié (date, lieu)
Albanie	-	le 18 février 2010, Tirana, Albanie (en attendant la notification de l'Espagne, pays
Algérie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Croatie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
France	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	le 28 septembre 2009, Paris, France
Grèce	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Israël	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Italie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Malte	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Monaco	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Maroc	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Slovénie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	le 25 septembre 2009, Ljubljana, Slovénie
Espagne	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Syrie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
Tunisie	le 21 janvier 2008, Madrid, Espagne	
UE	le 16 janvier 2009, Madrid, Espagne	

- L'intensification de l'échange de données, le renforcement des capacités et la sensibilisation à l'importance de protéger le patrimoine côtier.

Le protocole contribuera également à améliorer les législations nationales relatives au littoral. Cependant, il doit d'abord être appliqué de manière effective pour que soient réalisées le plus tôt possible des études de terrain (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

3.2. CHANGEMENT CLIMATIQUE

3.2.1. Vulnérabilité et impacts sur les zones côtières méditerranéennes

L'importante disparité de répartition des ressources en eau, couplée aux nombreux phénomènes climatiques et aux événements météorologiques extrêmes associés qui affectent la région, font du bassin méditerranéen l'une des zones du monde les plus vulnérables au changement climatique (Milano, 2010). Ainsi, « Hot spot » du changement climatique, la Méditerranée devrait être, au cours du XXI^{ème} siècle, le siège de changements particulièrement marqués en termes d'élévation des températures et de diminution des précipitations moyennes, de variabilité interannuelle et d'événements météorologiques extrêmes (Thivet, 2008a).

En effet, dans son quatrième rapport paru en 2007 (GIEC, 2007), le Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) combine 25 modèles climatiques globaux afin d'évaluer les impacts du changement climatique aux horizons 2050 et 2100. Selon leurs travaux, une hausse des températures de +2 à 3 °C est à prévoir en région méditerranéenne à l'horizon 2050, puis de +3 à 5 °C à l'horizon 2100. Ainsi, les événements précipitants seraient moins fréquents mais plus intenses, tandis que les périodes de sécheresse seraient plus courantes et plus longues. La distribution spatiale et temporelle des précipitations s'en verra donc modifiée (Milano, 2010).

Le changement climatique représente donc une menace émergente dont il est possible de retenir deux enjeux majeurs, en interaction constante : (i) le changement climatique amplifie la pression sur des écosystèmes déjà fragilisés par la pollution, la destruction des habitats ou la surexploitation des ressources naturelles ; (ii) et le changement climatique remet en cause les stratégies de développement passées – et pour certaines actuelles – à la lumière des nouvelles conditions physiques qu'il impose ou laisse entrevoir (Billé et Rochette, 2008).

En plus du fait des impacts du changement climatique, compte tenu de l'accroissement démographique, et donc de la croissance de la demande en eaux agricole et urbaine, et des mutations économiques et sociales, la demande en eau va inévitablement croître, notamment dans le secteur agricole, et une diminution des ressources en eau mobilisables sur les trois rives (Nord, Sud et Est) ne peut plus être écartée (Thivet, 2008a ; UNESCO, 2008 ; Blinda, 2009).

Ainsi, la population méditerranéenne « pauvre en eau » (c'est-à-dire celle des pays dotés de moins de 1000 m³/hab./an de ressources renouvelables : la Chypre, l'Égypte, le Maroc et la Syrie (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009)), s'élevant actuellement à 180 millions d'habitants, pourrait atteindre 250 millions d'habitants en 2025 (Blinda, 2009). La population en situation de « pénurie », c'est-à-dire disposant de moins de 500 m³/hab./an (en 2005, il s'agissait de l'Algérie, d'Israël, de la Lybie, de Malte, de la Tunisie, et des Territoires Palestiniens (Milano, 2010)), pourrait passer dans le même temps de 60 à 80 millions d'habitants (Blinda, 2009).

Par ailleurs, les aquifères côtiers constituent souvent une importante source d'eau douce, en provenance de l'infiltration des précipitations. Leur stock présente une très grande inertie en raison de la lenteur des écoulements qui les affectent. Leur surexploitation affecte la qualité et la quantité de l'eau. Ceci induit la baisse des niveaux piézométriques et l'intrusion d'eaux marines (Niazi, 2007). En effet, une partie croissante de la demande en eau est satisfaite par une surexploitation d'une partie des eaux souterraines renouvelables (Figure 5) générant des intrusions marines qui engendrent des problèmes de salinisation des sols en cas de l'utilisation de ces eaux en irrigation, par l'exploitation de ressources non renouvelables (dont les eaux fossiles) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009). De plus, la Figure 5 montre que l'augmentation des besoins en eau restera très forte du fait de la croissance démographique au Sud et à l'Est, du développement des terres irriguées, de l'industrie et du tourisme (Thivet, 2008a).

De plus, les impacts du changement climatique, tels que la diminution des précipitations et la modification prévue du niveau de la mer, pourraient amplifier la salinisation des aquifères côtiers. Ainsi, les activités anthropiques (telles que le cumul des prélèvements destinés à l'eau potable pendant la saison touristique et les forages affectés à l'irrigation) couplées aux aléas climatiques pourraient fragiliser de plus en plus les aquifères côtiers, et entraîner un impact négatif, du fait de l'augmentation de la salinité, d'une part sur la qualité des ressources en eau souterraine et d'autre part sur la qualité des ressources agricoles et la composition de la flore et de la faune à proximité du littoral (Niazi, 2007). La salinisation des aquifères côtiers est un risque hydrogéologique majeur touchant les régions littorales, souvent densément peuplées et fortement tributaires des eaux souterraines (Cheng, 2003, cité par Niazi, 2007).

En conséquence, les évolutions climatiques accentueraient donc les fortes pressions déjà existantes sur les ressources en eau des pays du pourtour méditerranéen (Thivet, 2008a), en particulier des pays Arabes de la rive Sud. Bien qu'encore difficilement quantifiables à des échéances précises, les effets du changement climatique global sur le cycle de l'eau – précipitations, évaporation, écoulement – devraient très vraisemblablement appauvrir les ressources en eau, et plusieurs pays du Sud ont déjà récemment révisé à la baisse leurs estimations de ressources (moins 20% en Algérie et moins 25% au Maroc) (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

En plus d'avoir des effets directs sur les ressources en eau, le changement climatique devrait notamment avoir des impacts sur les zones côtières et les infrastructures (expositions importantes à l'action des vagues, tempêtes côtières et autres événements météorologiques extrêmes, renforcement de la salinisation, réduction du volume des nappes phréatiques d'eau douce, intrusion d'eau marine dans les aquifères) (Figure 8), ainsi que sur l'agriculture et la pêche, l'attractivité touristique et la santé humaine (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

Concernant les impacts sur le littoral méditerranéen, sont concernés les espaces littoraux vulnérables tels que les côtes proprement dites, les deltas, les estuaires, les lagunes. Ces écosystèmes côtiers fragiles peuvent d'ailleurs être utilisés comme indicateurs du changement climatique et contribuer à mieux appréhender l'efficacité des stratégies d'adaptation et d'atténuation des risques. Par ailleurs, même si la Méditerranée n'est pas fréquemment le théâtre de grandes catastrophes naturelles, au vu des défis à venir liés au changement climatique, des mesures opportunes permettant d'atténuer la vulnérabilité des côtes se doivent d'être mises en œuvre (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

Ainsi, le bassin méditerranéen est particulièrement sensible aux modifications climatiques (Milano, 2010). Les zones méditerranéennes les plus vulnérables devraient être celles de l'Afrique du Nord voisines de zones désertiques, les grands deltas, les zones côtières des rives Nord et Sud du bassin ainsi que les zones à forte croissance démographique et socialement vulnérables. Globalement, les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée apparaissent plus vulnérables que ceux de la rive Nord, du fait, d'une part, qu'ils soient plus exposés à l'accélération de la désertification et de l'aridité des sols, à l'augmentation de la raréfaction des ressources en eau et, d'autre part, qu'ils soient dotés de structures économiques qui dépendent plus fortement des ressources naturelles (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

3.2.2. Adaptation au changement climatique

L'adaptation est définie par le GIEC comme un « ajustement des systèmes naturels ou des systèmes humains face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques ».

Par ailleurs, dès son préambule, le protocole sur la GIZC (Programme d'Actions Prioritaires, 2008) relève « la nécessité d'adopter des mesures durables pour réduire les effets négatifs des phénomènes naturels » (Préambule, §5). Il invite ensuite les Parties à prendre « des mesures de prévention, d'atténuation et d'adaptation pour

CHANGEMENT CLIMATIQUE



Impacts biophysiques

- Inondations côtières plus étendues ;
- Accroissement de l'érosion côtière ;
- Intrusion d'eau salée dans les aquifères d'eau douce ;
- Hausse des inondations causées par des ondes de tempête ;
- Augmentation des températures à la surface de la mer ;
- Perte d'habitats côtiers.



Impacts socio-économiques

- Dommages aux infrastructures côtières, dont celles utilisées pour le transport et les loisirs ;
- Allongement de la saison de navigation commerciale ;
- Pertes de propriétés accrues ;
- Augmentation des risques de maladie ;
- Accroissement des risques d'inondation et de perte de vie ;
- Changement de ressources renouvelables et de subsistance (par exemple les pêches) ;
- Perte de ressources et disparition de valeurs culturelles.

Figure 8. Les impacts biophysiques et socio-économiques éventuels du changement climatique dans les zones côtières (Adaptée de Warren, 2004)

faire face aux effets (...) des changements climatiques » (Article 22) et « à adopter les mesures nécessaires pour maintenir ou restaurer la capacité naturelle de la côte à s'adapter aux changements, y compris ceux provoqués par l'élévation du niveau de la mer » (Article 23).

D'après Billé et Rochette (2008), à l'occasion du colloque « La gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée, du local au régional : comment stopper la perte de la biodiversité ? », la mise en place de stratégies d'adaptation exige finalement une révision profonde de la façon dont les décisions d'investissement et d'aménagement sont prises. Pour résumer, il s'agit essentiellement d'opter pour les solutions les plus robustes (quelle que soit l'évolution future du climat dans une fourchette plausible) au lieu de chercher la ou les meilleures solutions pour un scénario climatique donné.

En outre, les objectifs, les intérêts et les logiques des différents acteurs vis-à-vis des impacts climatiques et des stratégies d'adaptation sont souvent divergents. Ainsi, l'adaptation ne doit pas feindre d'ignorer ces divergences, mais les reconnaître et les traiter par toute la variété des instruments disponibles : participation, négociation, médiation, communication, construction de consensus mais aussi arbitrages au profit de certains intérêts et au détriment d'autres. L'adaptation, comme la GIZC, devraient tendre vers des horizons de procédures continues et contextualisées, et non vers des procédures stéréotypées (Billé et Rochette, 2008). De plus, il est essentiel de tenir compte des limites éventuelles des synergies existantes entre la protection des zones côtières, la lutte contre le changement climatique et l'adaptation à ses effets. En effet, dans certains cas, il serait possible de se trouver confronté à un besoin d'arbitrages imposant des choix de priorité (Billé et Rochette, 2008) :

- L'adaptation peut passer par des dispositifs de défense plus lourds du littoral, qui sont généralement mis en place aux dépens du bon fonctionnement des processus naturels sous-tendant les services écosystémiques ;
- Les effets possibles du changement climatique sur les littoraux (tels que l'élévation du niveau de la mer, l'érosion côtière, la modification du fonctionnement des écosystèmes, la salinisation des aquifères côtiers) pourraient exacerber des conflits d'usage de l'espace et des ressources ;
- La réduction des émissions de GES peut aussi avoir des conséquences négatives pour les zones côtières : par exemple, la relance de construction de barrages sur les fleuves pour la production d'énergie est nuisible en termes de gestion intégrée des zones côtières et d'adaptation ;
- Enfin, il faut noter que les exemples de mesures d'adaptation ayant un impact négatif en matière de réduction des émissions de GES sont nombreux : usines de dessalement de l'eau de mer, climatisation, etc.

Ainsi, Billé et Rochette (2008) plaident pour la mise en place d'approches intégrées de l'adaptation, incluant des études d'impact sur l'environnement et le climat. Parallèlement, les préoccupations climatiques doivent être intégrées aux dynamiques de développement en général, aux stratégies, aux plans et programmes côtiers en particulier.

4. PROGRAMMES, PROJETS, COLLOQUES ET SEMINAIRES

Conscientes des valeurs des zones côtières du pourtour méditerranéen et des menaces qu'elles subissent, en particulier au niveau de la rive Sud, plusieurs instances locales, régionales, nationales, internationales et intergouvernementales déploient des efforts notables afin de les conserver.

Ainsi, cette partie du document de travail présente et inventorie, de façon non exhaustive, les différents programmes et projets existants réalisés, en cours, ou à venir, ainsi que les colloques et séminaires organisés ou à venir, relatifs à la gestion des zones côtières du pourtour méditerranéen en général, et en particulier sur la rive Sud, et les effets du changement climatique sur les aquifères côtiers.

Tableau 4. Récapitulatif (non exhaustif) des programmes existants relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Lien Internet
<p>PHI Programme Hydraulique International</p>	UNESCO	<p>PHI-VII : Dépendances à l'égard de l'eau-Systèmes en situation de stress et réponses de la société.</p> <p>Thème 1 : Adaptation aux effets des changements planétaires sur les bassins versants et les systèmes aquifères.</p>	<p>PHI 1975 PHI-VII 2008-2013</p>	<p>http://www.unesco.org/water/i/ihp</p>
<p>GRAPHIC Groundwater Resources Assessment under the Pressures of Humanity and Climate Change</p>	UNESCO-PHI	<p>Améliorer notre compréhension sur comment les eaux souterraines interagissent dans le cycle global de l'eau, comment elles soutiennent les écosystèmes et l'humanité et, alternativement, répondent aux pressions complexes de l'activité humaine et du changement climatique.</p>	2004	<p>http://www.unesco.org/water/i/ihp/graphic/</p>
<p>WPA II Programme cadre financé par l'Italie en matière de gestion optimale et soutenable des ressources hydriques dans des zones critiques, telles que les zones arides, semi-arides et celles affecté par le changement climatique.</p>	UNESCO-PHI	<p>Définir les pratiques relatives à une gestion soutenable des ressources hydriques souterraines dans des zones particulièrement exposées aux effets des changements climatiques.</p> <p>Le programme se propose aussi de remédier aux différents effets du changement climatique.</p>	2007-2010	<p>http://webapps01.un.org/dsd/partnerships/public/partnerships/2311.html</p> <p>http://portal.unesco.org/science/fr/ev.php-URL_ID=6625&URL_DO=DO_PRINTPAGE&URL_SECTION=201.html</p>

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Lien Internet
G-WADI Réseau mondial d'information sur l'eau et le développement dans les zones arides	UNESCO-PHI	Constituer à l'échelle planétaire une communauté efficace en vue de promouvoir la coopération internationale et régionale dans les zones arides et semi-arides	2004	http://www.sahra.arizona.edu/unesco/index.html
PAM Plan d'Action pour la Méditerranée (Convention de Barcelone)	United Nations Environment Programme (UNEP)	Les Parties contractantes à la Convention de Barcelone sont déterminées à relever les défis de la protection de l'environnement marin et côtier tout en encourageant la mise en place de plans régionaux et nationaux visant à un développement durable.	1975	http://www.unepmap.org/
Strategic Partnership for the Mediterranean Large Marine Ecosystem (LME)	UNEP-PAM	Une approche coordonnée et stratégique pour catalyser les politiques, les réformes légales et institutionnelles, et les investissements nécessaires pour renverser les dégradations affectant ce grand écosystème marin, y compris ses habitats côtiers et sa biodiversité.	2007	http://www.unepmap.org/index.php?module=content2&catid=001024
CAR/PAP Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'actions prioritaires	UNEP-PAM	Centre de Gestion Côtière qui œuvre pour l'aménagement et la gestion intégrés du littoral.	1977	http://www.pap-thecoastcentre.org/index.php?lang=fr
PAC Programmes d'aménagement côtier	PAP / UNEP-PAM	Centré sur la réalisation des projets pratiques de gestion côtière dans des zones côtières choisies en Méditerranée, le PAC applique la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) comme son instrument principal.	1989	http://www.pap-thecoastcentre.org/about.php?blob_id=22&lang=fr

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Lien Internet
GIZC Gestion Intégrée des Zones Côtères	PAP / UNEP-PAM	Processus visant à atteindre les buts et les objectifs du développement durable des zones côtières, à l'intérieur des contraintes des conditions physiques, sociales et économiques, et à l'intérieur des contraintes imposées par les institutions et systèmes légaux, financiers et administratifs.	Protocole signé en 2008	http://www.pap-thecoastcentre.org/about.php?blob_id=21&lang=fr http://www.pap-thecoastcentre.org/about.php?blob_id=56&lang=fr
CMDD Commission méditerranéenne du développement durable	UNEP-PAM	Organe consultatif du PAM, la CMDD est une instance de dialogue et de propositions à l'intention des Parties contractantes pour la définition d'une stratégie méditerranéenne de développement durable.	1996	http://www.unepmap.org/index.php?module=content2&catid=001017002
CAR/PB Centre d'Activités Régionales/ Plan Bleu	UNEP-PAM	Observer, évaluer et explorer les évolutions possibles des relations entre environnement et développement dans le Bassin méditerranéen.	1977	http://www.planbleu.org/
METAP Mediterranean Environmental Technical Assistance Program	-	Se focaliser sur les outils de politique et de législation, sur la qualité de l'eau et des eaux usées, sur la gestion de zones côtières et sur la gestion des déchets municipaux et dangereux.	1990	www.metap.org
GWP-Med Global Water Partnership- Méditerranéen	Global Water Partnership (GWP)	Promouvoir les connaissances sur la GIRE pour l'utilisation durable des ressources en eau de la région.	2002	http://www.gwpmmed.org/
Un des thèmes : Le captage intensif des eaux souterraines mène à l'épuisement des sources d'eau non renouvelables et à l'intrusion marine au niveau des zones côtières.				

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Lien Internet
TARM Commission on Transboundary Aquifer Resources Management	Association internationale des hydrogéologues (AIH)	Améliorer la compréhension scientifique, socio-économique, légale, institutionnelle et des problèmes environnementaux entourant la gestion des aquifères transfrontaliers.	1999	http://www.iah.org/
CAD-CZM Commission on Coastal Aquifer Dynamics and Coastal Zone Management	AIH	Promouvoir le développement des outils pour avoir une meilleure compréhension de la dynamique des processus hydrologiques spécifiques dans les zones côtières afin d'améliorer l'évaluation, le développement et la gestion des ressources en eau mises en danger par intrusion marine.	2004	http://www.iah.org/
ISARM International Shared Aquifer Resource Management	AIH et UNESCO-PHI	Contribuer à un environnement durable et à une sécurité sociale et politique au niveau des aquifères internationalement partagés.	2002	http://www.isarm.net/

Tableau 5. Récapitulatif (non exhaustif) des projets existants relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Pays	Lien Internet
SWIMMED Sustainable water management in Mediterranean coastal aquifers	European Commission	Projet multidisciplinaire concentré sur un problème technico-socio-économique, c'est-à-dire sur l'analyse de l'intrusion marine et son contrôle par l'évaluation de recharge.	2003-2005	Espagne France Italie Maroc Palestine Suisse Tunisie	http://www.crs4.it/EIS/SWIMMED/menu/index.html
WPA II Adaptation measures to overcome climate change impacts : case study on aquifer recharge management in Tunisia	UNESCO-PHI / <i>Water programme for environmental sustainability (WPA II)</i>	Pour aider les contre-parties tunisiennes à entreprendre une évaluation complète du problème de salinisation et des vulnérabilités intrinsèques ou normales.	2006-2010	Tunisie	-
WPA II Sustainable management of coastal aquifers and protection of groundwater-dependent wetlands: case study in Morocco	UNESCO-PHI / Water programme for environmental sustainability (WPA II)	Evaluation des caractéristiques des aquifères, des vulnérabilités, et identification des dangers et risques externes.	2006-2010	Maroc	-

Nom	Organisme	Objectifs	Date	Pays	Lien Internet
<p>WPA II Système Intégré de gestion du bassin pour la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture en Algérie</p>	<p>UNESCO-PHI/ Water programme for environmental sustainability (WPA II)</p>	<p>Mise en place d'une gestion intégrée des ressources en eaux, notamment des ressources en eaux usées pour leur réutilisation en agriculture une fois épurées dans deux sites pilotes.</p>	<p>2006-2010</p>	<p>Algérie</p>	<p>-</p>
<p>SMAP III Project Promoting Awareness and Enabling a Policy Framework for Environment and Development Integration in the Mediterranean with Focus on Integrated Coastal Management</p>	<p>METAP</p>	<p>Promouvoir la sensibilisation de la valeur et de l'état des côtes, et fournir un appui aux pays en renforçant et modifiant le niveau national existant au niveau de l'environnement, y compris la politique et la législation.</p>	<p>2005-2009</p>	<p>Algérie Egypte Maroc Palestine Liban Syrie Tunisie</p>	<p>http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTMETAP/0,,cont entMDK:22228654~pagePK:47 58410~piPK:5510768~theSite PK:5510763,00.html</p>
<p>PEGASO People for Ecosystem Based Governance in Assessing Sustainable Development of Ocean and Coast</p>	<p>European Commission</p>	<p>Construire, à partir des capacités existantes, et développer des approches nouvelles et communes pour soutenir les politiques intégrées des royaumes côtiers, marins et maritimes des bassins méditerranéens et de la Mer Noire, de manière qu'ils soient conformes et appropriés à l'exécution du protocole sur la GIZC pour la Méditerranée.</p>	<p>01/02/2010- 31/01/2014</p>	<p>15 pays méditerranéens</p>	<p>http://www.pegasoproject.eu</p>

Tableau 6. Récapitulatif (non exhaustif) des séminaires/colloques organisés dans les domaines relatifs au Bassin méditerranéen, aux aquifères et/ou au changement climatique

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
International Conference on Management of Soil and Groundwater Salinization in Arid Regions	<i>Les thèmes abordés sont la salinité et l'environnement, englobant les problèmes de salinisation et d'intrusion d'eau marine, d'irrigation, de changement climatique, de biodiversité et de désertification.</i>	11-14 janv. 2010 / Al-Khod, Oman	http://www.squ.edu.om/tabid/7179/language/en-US/Default.aspx
First International Conference on Coastal Zone Management of River Delta and Low Land Coastlines	Permettre aux ingénieurs, scientifiques, décideurs, agences gouvernementales et officiels du monde entier d'échanger des informations et de discuter des problèmes associés avec l'érosion, l'accrétion et l'affaissement des côtes qui peuvent survenir sur les rivages des deltas de fleuve et des basses régions terrestres de plus en plus influencés par les interférences humaines. Un autre objectif est de proposer des solutions durables pour minimiser les effets irréversibles du changement climatique sur la GIZC.	6-10 mars 2010 / Alexandrie, Egypte	http://www.nwrc-egypt.info/

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
GIRE3D Congrès international de gestion intégrée des ressources en eau et défis du développement durable	Les thèmes abordés sont les outils et technologies appliqués à la GIRE, l'impact des changements climatiques, des aménagements et du développement socio-économique sur les ressources en eau, et les aspects quantitatifs et qualitatifs de la GIRE.	23-25 mai 2006 / Marrakech, Maroc 24-26 mars 2010 / Agadir, Maroc	http://www.fsa.ac.ma/gire3d/
ICCCM10 International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean	Discuter des récentes avancées scientifiques, techniques et socio-économiques pour mieux comprendre les problèmes environnementales relatives aux procédés côtiers.	11-17 avril 2010 / Cascais, Portugal	http://icccm.dcea.fct.unl.pt/
International Symposium on Coastal Zones and Climate Change: Assessing the Impact and Developing Adaptation Strategies	Les thèmes abordés sont l'évaluation des impacts du changement climatique sur les zones côtières, les stratégies d'adaptation, et l'engagement au niveau de la gestion des conséquences du changement climatique sur les régions côtières.	12-13 avril 2010 / Victoria, Australie	http://www.ihdp.unu.edu/article/823
WATMED Water Resources in Mediterranean Basin	Faire le point sur les défis rencontrés dans la gestion et la protection des ressources en eau dans le Bassin Méditerranéen	10-13 oct. 2002 / Monastir, Tunisie 26-28 mai 2010 / Lille, France	http://watmed5.univ-lille1.fr/ http://www.watmed.com/ http://www.ucam.ac.ma/fssm/watmed2/

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
SWIM Salt Water Intrusion Meeting	Rassembler les spécialistes, échanger les idées et discuter des résultats sur les problèmes des eaux souterraines salines.	1968 / Hanover, Germany 21-25 juin 2010 Azores, Portugal	http://www.swim-site.org/ http://www.swim21-azores2010.com http://www.conference.ifas.ufl.edu/swim/ http://www.upct.es/swim2004/index-oid.htm
Annual International Symposium on Managed Aquifer Recharge	Consacré entièrement à l'art de la gestion des couches aquifères et de leur recharge.	23-27 août 1988 / Anaheim, Californie 9-13 oct. 2010 / Abu Dhabi, Émirats Arabes Unis	http://www.ismar2.org/index.php
International Symposium & Field Workshop on Living with Landscapes	<i>Titre du 3ème Symposium "Adaptation with Rivers and Coastal Coral Reef"</i> <i>Titre du 2ème Symposium "Adaptation with Coasts and Arid Lands"</i>	22-27 nov. 2008 25 oct.-01 nov. 2010 / Egypte	http://sina12008.com/sina1/ http://www.siwa2009.com/siwa/ http://www.aswan2010.com/aswan/
1 ^{er} Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau	Partager les expériences internationales de gestion des conflits liés à l'eau dans différents contextes, accéder aux progrès faits en matière d'approches prospectives, et s'enquérir sur les mécanismes et sur les progrès enregistrés en matière de gouvernance de l'eau en vue d'une GIRE.	10-11 nov. 2009 / Bana, Algérie	http://site.univ-batna.dz/images/pdf/circulaire-2009-ressources-en-eau.pdf
MEDCOAST International Conference on the Mediterranean Coastal Environment	Contribuer à la conservation côtière et marine dans les mers méditerranéenne et noire, à travers des pratiques de gestion côtières améliorées.	2-5 nov. 1993 / Antalya, Turquie 10-14 nov. 2009 / Sochi, Russie	http://www.medcoast.org.tr/what_is/index.html http://www.medcoast.org.tr/MC09/main.htm

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
CM ² Coastal and Maritime Mediterranean Conference	Les thèmes abordés sont les outils et technologies appliqués à la GIRE, l'impact des changements climatiques, des aménagements et du développement socio-économique sur les ressources en eau, et les aspects quantitatifs et qualitatifs de la GIRE.	2-4 déc. 2009 / Hammamet, Tunisie	-
International Salinity Forum	Les thèmes abordés sont l'échange des connaissances sur les pratiques de gestion relative à la salinisation et le développement d'un réseau international sur la salinisation	25-27 avril 2005 / Riverside, Californie	http://www.international-salinityforum.org/
International Conference on Managing Shared Aquifer Resources in Africa	Mettre à jour l'inventaire des couches aquifères transfrontalières africaines, évaluer les progrès faits sur les nouveaux projets, aborder les impacts du changement climatique sur les aquifères transfrontaliers, discuter des instruments financiers, institutionnels et les légaux.	25-27 mai 2008 / Tripoli, Libye	-
Conférence sur l'eau douce en Méditerranée 2008 Faire face aux crises de l'eau dans le bassin Méditerranéen. Quel rôle pour l'UE?	Fournir des pistes de réflexions aux responsables politiques européens et nationaux. Atelier 1 : « Changement climatique et gestion de l'eau en Méditerranée : Enjeux et perspectives »	29 mai 2008 / Paris, France	http://www.waterconference.org/
Eaux souterraines et le climat en Afrique - Conférence Internationale	Les thèmes abordés sont l'amélioration de notre compréhension actuelle de l'impact du climat et du développement sur les ressources en eaux souterraines	24-28 juin 2008 / Kampala, Ouganda	http://www.gwclim.org/

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
International Conference on Water Resources and Climate Change in the MENA Region	Fournir une opportunité aux hydrologistes, climatologistes, météorologistes et décideurs d'échanger leurs idées, leurs résultats de recherche et leurs préoccupations en matière de changement climatique et ses impacts, d'adaptation du secteur de l'eau et de sa gestion dans la région MENA.	2-4 nov. 2008 / Muscat, Oman	-
Atelier international sur l'adaptation au changement climatique au Maghreb	Permettre aux scientifiques et techniciens du Maghreb d'enrichir les débats sur l'adaptation au changement climatique.	25-26 nov. 2008 / Marrakech,	-
La gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée, du local au régional : comment stopper la perte de la biodiversité ?	Chercher des solutions concrètes aux difficultés rencontrées et proposer des orientations d'action en faveur d'un développement d'intuitives pérennes dans le but de stopper la perte de la biodiversité méditerranéenne.	18-19 déc. 2008 / Nice, France	-
CCIE 2007 International Conference on Climatic Changes and their Impacts on Coastal Zones and River Deltas: Vulnerability, Mitigation and Adaptation	Les thèmes abordés sont le changement climatique global, la prévision de l'élévation du niveau de mer basée sur des modèles climatiques, Les impacts de cette élévation sur la salinisation des eaux souterraines et les sols, les impacts du changement climatique sur les deltas des fleuves et les zones costales, etc.	21-25 avril 2007 / Alexandrie, Egypte	-
Workshop on Evaluation and Adaptation of Existing Water Visions/Forecasts for Shared Aquifer Management in the MEDA Region	Augmenter la sensibilisation et l'application par les pays MEDA des normes internationales relatives à la gestion durables des aquifères partagés, échanger les expériences sur différents problèmes de gestion, en particulier développer une base de données pour les aquifères partagés de la région méditerranéenne, renforcer la capacité des pays MEDA d'engager des coopérations inter-états.	30-31 juillet 2007 / Catre, Egypte	-

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
SIACODE International Symposium on Coastal Aquifers and Desalination Plants	Centré sur les difficultés inhérentes aux prélèvements dans les aquifères côtiers, le symposium discute des systèmes de contrôle et de surveillance ainsi que de différentes études de cas.	16-19 oct. 2007 / Almeria, Espagne	-
TIAC International Meeting on Technology of Seawater Intrusion into Coastal Aquifers	Les thèmes abordés sont la recharge des aquifères côtiers, les études hydrogéochimiques et isotopiques, les méthodes d'exploration et les études des aquifères côtiers, et l'intrusion marine à travers le monde et ses caractéristiques.	16-19 oct. 2007 / Almeria, Espagne	http://www.ua.es/GruposInv/RecHid/otros/primer_a_circular.pdf
AQUA MED'06 L'eau souterraine dans les pays méditerranéens	Les thèmes abordés sont l'hydrogéologie régionale, la recharge naturelle et artificielle des aquifères, les zones humides dépendant des eaux souterraines, la qualité naturelle des eaux souterraines et la lutte contre la pollution, la protection et restauration des aquifères, les aquifères côtiers et le contrôle de l'intrusion marine, la désalinisation des eaux salées et l'élimination des saumures, les aspects légaux, sociaux, économiques et administratifs de l'eau souterraine, la planification et gestion de l'eau souterraine et l'utilisation durable des aquifères.	24-28 avril 2006 / Malaga, Espagne	http://aguas.igme.es/igme/AQUAINMED/ing/
1st SWIM-SWICA First International Joint Salt Water Intrusion Conference	Les thèmes abordés sont l'hydrodynamique des aquifères côtiers, les méthodes expérimentales pour caractériser l'origine des eaux salées et saumâtres, la modélisation, et les effets du changement climatique sur les aquifères côtiers.	24-29 sept. 2006 / Cagliari, Italie	www.olemiss.edu/sciencenet/saltnet/swim-swica_1st_circular.pdf
Regional conference on groundwater protection	Fournir une opportunité aux hydrologistes et hydrogéologues, scientifiques et chercheurs du domaine des eaux souterraines d'échanger des idées et de stimuler les discussions et les coopérations afin de conserver cette ressource vitales et de la protéger contre les interventions humaines impropres, en particulier dans les régions arides et semi-arides où les eaux souterraines sont la principale source d'eau.	20-22 nov. 2006 / Tripoli, Libye	http://www.environment.org.ly/water/water_en.htm

Nom	Objectifs	Dates et Lieux	Lien Internet
Regional Expert Group Workshop on Management of Aquifer Recharge and Water Harvesting in Arid and Semi-Arid Regions of Asia	Promouvoir l'échange de connaissances et d'expériences à travers les pays de la Région Asie, améliorer les standards de gestion de la recharge des aquifères et discuter des politiques et stratégies de gestion pour al recharge des aquifères et sensibiliser les populations.	27 nov-e-01 déc. 2004 / Yazd, Iran	-
SWICA Salt Water Intrusion in Coastal Aquifers: Monitoring, Modelling and Management	Rassembler les chercheurs, les professionnels et les gestionnaires des ressources en eau de part le monde pour échanger sur l'état des connaissances et propager les technologies.	23-25 avril 2001 / 27 mars-02 avril 2003 / Merida, Mexique	-
International Symposium on Low-Lying Coastal Areas: Hydrology and Integrated Coastal Zone Management	Fournir des directives valables pour les utilisations des ressources côtières et pour résoudre les conflits relatifs à l'eau.	9-12 sept. 2002 / Bremerhaven, Allemagne,	-

5. REFERENCES

Benoit G. (2006) Environnement et développement en Méditerranée – Les perspectives du Plan Bleu. *Futuribles*, 321, 11-46.

Béthemont J. (2001) L'eau, le pouvoir, la violence dans le monde méditerranéen. *Hérodote* 4/2001, 103, 175-200.

Billé R. et Rochette M.J. (2008) Plaquette de présentation de l'Atelier n°2 - La GIZC face au changement climatique. Colloque « La gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée, du local au régional : comment stopper la perte de la biodiversité ? » organisé dans le cadre de la Présidence française du Conseil de l'Union Européenne, Nice, 18-19 décembre 2008, 7 p.

Blinda M. (2009) La Méditerranée doit relever trois défis majeurs pour gérer durablement ses ressources en eau menacées. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), Les notes du Plan Bleu, Environnement et Développement en Méditerranée, Eau, N°11, 4 p.

El-Bagouri I.H.M. (2007) Les problèmes auxquels est confrontée la région arabe. *Chronique ONU, Interaction entre le climat et la dégradation des terres*, N°2.

GIEC, 2007. *Climate Change 2007: The physical Science basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment*, Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996p.

Milano M. (2010) Les impacts prévisibles du changement climatique sur les ressources en eau de quatre grands bassins versants Méditerranéens. Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales, Sophia Antipolis, 8 p.

Niazi S. (2007) Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc) : Vulnérabilité et Adaptation. Thèse de doctorat d'état, Université Mohammed V – Agdal, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc, 296 p.

PNUE/PAM-Plan Bleu (2009) Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée. Programme des Nations Unies pour l'environnement / Plan d'action pour la Méditerranée (PNUE/PAM)-Plan Bleu, Athènes, ISBN : 978-92-807-3061-6, 208 p.

Programme d'Actions Prioritaires (2008) Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la méditerranée. Version finale, 21 janvier 2008, Madrid, 21 p.

Programme d'Actions Prioritaires (2010) Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée. Disponible sur <http://www.pap-thecoastcentre.org/about.php?blob_id=56&lang=fr>.

Thivet G. (2008a) Des stratégies de gestion intégrée des ressources en eau et en énergie pour faire face au changement climatique. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), Les notes du Plan Bleu, Environnement et Développement en Méditerranée, Changement climatique en Méditerranée, N°9, 4 p.

Thivet G. (2008b) Eau, énergie et changement climatique en Méditerranée : situation actuelle et prospective. Symposium international « Resolving the water energy nexus », UNESCO Paris, 27 novembre 2008.

UNESCO (2008) Faire Face aux Crises de l'Eau Douce dans le Bassin Méditerranéen - Quel rôle pour l'Union européenne ? Conférence Internationale à l'UNESCO, Paris, 29 mai 2008.

Warren F.J. (2004) Impacts et adaptation liés aux changements climatiques - Impacts et adaptation liés au changement climatique : perspective canadienne. Ressources naturelles Canada, Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, ISBN : 0-662-88032-3, 219 p.

PARTIE 2

ACTES ET RECOMMANDATIONS DU SEMINAIRE



RABAT. 30 JUIN - 1^{ER} JUILLET 2010

1. LES ACTES

Le Programme Hydrologique International (PHI) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) du Royaume du Maroc, avec le soutien du Ministère italien de l'Environnement, de la Protection du Territoire et de la Mer, ont organisé, les 30 juin et 1^{er} juillet 2010⁴ à Rabat (Maroc), un séminaire international sur le thème « Gestion des aquifères côtiers : vulnérabilité et adaptation aux impacts du changement climatique sur la rive Sud du bassin méditerranéen ».

Les travaux de ce séminaire, qui a connu la participation d'experts nationaux et internationaux, se sont répartis en trois sessions techniques, avec des présentations thématiques suivies de débats riches portant sur des études de cas et des analyses relatives à la gestion des systèmes aquifères dans différents pays de la région ainsi qu'aux défis et enjeux liés aux impacts du changement climatique.

La séance d'ouverture a été marquée par des allocutions prononcées au nom des organisateurs :

Dans son mot de bienvenue, M. Youssef FILALI-MEKNASSI, spécialiste de programmes sciences naturelles et exactes du bureau Multipays de l'UNESCO à Rabat, a mis l'accent sur l'importance de ce genre de rencontres dans le renforcement de la coopération internationale, le partage et l'échange d'expériences dans le domaine de la gouvernance de l'eau, en particulier en matière de gestion des aquifères côtiers.



Le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement du Maroc a été représenté par M. Abdelaziz AMEZIANE, qui a souligné les défis de la rareté des ressources en eau et de l'impact du changement climatique au Maroc et dans l'ensemble des pays de la région et la nécessité de conjuguer tous les efforts pour relever ces défis, notamment à travers une gestion efficace des ressources en eau.

⁴ Initialement prévu pour les 21 et 22 avril 2010, à l'occasion de la célébration du 40^{ème} anniversaire de la Journée de la Terre, ce séminaire a été reporté aux 30 juin et 1^{er} juillet 2010, en raison des perturbations du trafic aérien causés par le nuage de cendres provoqué par une éruption volcanique en Islande.

Citant l'exemple de la région du Souss (Sud-Ouest du Maroc), M. AMEZIANE a insisté sur la nécessité d'élaborer des outils contractuels pour la sauvegarde des systèmes aquifères côtiers contre la surexploitation et l'intrusion marine qui caractérisent l'ensemble des pays de la région. D'où la nécessité de conjuguer tous les efforts pour remédier à cette situation.

Pour sa part, le représentant de l'UNESCO au Maghreb, M. Philippe QUEAU, a indiqué que les pays de la rive Sud du bassin méditerranéen doivent mettre en œuvre des initiatives stratégiques pour faire face à la dégradation du littoral et des ressources en eau souterraines, des sols et de l'environnement urbain. M. QUEAU a rappelé que les coûts annuels de la dégradation environnementale sur la rive Sud du bassin méditerranéen ont été estimés par la Banque Mondiale à près de 3% du Produit Intérieur Brut (PIB) en Tunisie, 4,5% au Maroc et 5% en Algérie. Pour faire face à cette situation, l'UNESCO ambitionne d'élaborer une stratégie d'action dans le domaine de la gouvernance de l'eau, en favorisant l'échange d'expériences et de savoirs entre les différents acteurs et initiatives en la matière en vue de développer une vision cohérente et globale de la gestion des ressources en eau. Par ailleurs, le représentant du bureau de l'UNESCO au Maghreb a réitéré l'engagement de l'organisation à appuyer les efforts du Secrétariat d'Etat marocain chargé de l'Eau et de l'Environnement et de l'ONEP.

Présentation d'ouverture

UNESCO - Coastal Aquifers and Groundwater (MED-MAP)

Par M. Francesco RIZZO

Spécialiste de programme à l'UNESCO

Intervenant au nom du bureau de l'UNESCO à Paris, M. Francesco RIZZO, a présenté les grandes lignes des actions menées par le PHI dans la gestion des aquifères côtiers de la Méditerranée.

Les activités du PHI ont pour objectifs l'inversion des tendances de surexploitation et de dégradation de la qualité des aquifères côtiers, notamment, à travers la mise en place de politiques de gestion rationnelle basée sur le renforcement des capacités, le développement technologique et le partage des connaissances et des expériences.

Dans ce contexte s'inscrit le partenariat **PNUE/PAM GEF « MedPartnership »** sur la gestion des aquifères côtiers. Ce partenariat comprend trois composantes essentielles à savoir les eaux souterraines, les zones côtières et la biodiversité. Les activités du PHI sont l'évaluation des risques et des incertitudes associées, l'élaboration d'un plan d'action régionale et de projets démonstratifs de coopération, la proposition de réformes législatives et institutionnelles pour optimiser la gestion des aquifères côtiers ainsi que le suivi de l'évolution des aquifères côtiers grâce à des techniques et des systèmes de surveillance élaborés (tels que la télédétection).

M. Rizzo a également indiqué que ce séminaire s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par l'Italie, d'une valeur de 4,3 millions de dollars américains (USD), étalé sur cinq ans. Il s'agit du Programme hydrologique pour la durabilité environnementale (WPA II), qui a pour objectif de mettre en place des mécanismes d'évaluation de la vulnérabilité et d'adaptation aux impacts du changement climatique. Ce projet vise également à recenser l'ensemble des études réalisées sur cette thématique en vue de coordonner les efforts des experts nationaux et internationaux dans ce domaine.

Présentation d'ouverture

Maroc - Stratégie nationale de l'eau et sauvegarde des ressources en eau souterraine

Par M. Abdessalam ZIYAD

Chargé de la division de la planification et gestion au Secrétariat d'état chargé de l'Eau et de l'Environnement

Conscient de la vulnérabilité des ressources en eau et de l'importance d'une gestion préventive, le Maroc a adopté, depuis les années 1980, une politique de planification intégrée basée sur une approche anticipative et prospective du secteur de l'eau. Cette vision stratégique s'est traduite par l'adoption de la Loi 10-95 sur l'eau qui constitue le cadre légal de la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc. Sur le plan institutionnel, la création des Agences de Bassins Hydrauliques (ABH) a permis de mettre en place les structures chargées de la gestion des ressources en eau au niveau des bassins hydrauliques. Dotées de la personnalité morale et de l'autonomie financière, ces agences accordent un soutien financier et une assistance technique aux différents usagers de l'eau, tout en veillant à préserver la qualité et la disponibilité de ces ressources. Elles ont ainsi pour mission d'évaluer, de planifier et de gérer les ressources en eau disponibles afin d'assurer leur durabilité.

Le secteur de l'eau au Maroc fait face à des défis majeurs relatifs à la surexploitation des ressources et la dégradation de leur qualité sous l'impact du changement climatique et l'activité humaine, ce qui nécessite des investissements importants de la part de l'Etat, estimés à près de 25% de la dépense publique, répartis entre l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation et l'assainissement. L'objectif de la stratégie nationale de l'eau est d'assurer une gestion intégrée et durable et de favoriser un changement de comportements individuels et institutionnels vis-à-vis de l'eau.

Pour faire face aux nombreuses contraintes imposées au secteur, la stratégie nationale de l'eau a mis en place un certain nombre de mécanismes à même de consolider les acquis et d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles grâce à l'introduction de nouvelles techniques de gestion et d'économie d'eau. Le potentiel hydrique au Maroc est estimé à 22 milliards de mètres cubes dont 18 milliards de mètres cubes d'eaux de surface et 4 milliards de mètres cubes d'eaux souterraines. Les écarts des précipitations et des écoulements entre les différentes régions du pays (la partie Nord-Ouest reçoit les précipitations les plus importantes) nécessitent un effort d'adaptation et une meilleure répartition des ressources disponibles.

Ainsi, la stratégie nationale de l'eau a permis de maîtriser et de mobiliser les ressources en eau à hauteur de 75% pour les eaux de surface parallèlement à une surexploitation des ressources souterraines (120%).

La généralisation de l'alimentation en eau potable en milieux urbains et l'assainissement constituent un des piliers de cette stratégie. Par ailleurs, le développement durable de l'irrigation a nécessité un grand effort de la part de l'Etat (1,5 millions d'hectares irrigués dont les 2/3 équipés par les pouvoirs publics).

La stratégie nationale de l'eau a ainsi permis de doter le pays d'un cadre législatif moderne et de développer les compétences au niveau du secteur public et privé en matière de gestion des ressources en eau. Néanmoins, le potentiel hydrique au Maroc fait face aujourd'hui à des contraintes et des défis majeurs :

- La raréfaction des ressources en eau sous l'effet du changement climatique ;
- L'érosion des sols et l'envasement des barrages ;
- La surexploitation et la dégradation des eaux souterraines due à la pollution et l'intrusion marine ;
- La faible valorisation de l'eau mobilisée.

Pour faire face à cette situation, des plans d'action ont été élaborés par le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement. Ces plans d'action s'articulent autour de six axes, à savoir :

La gestion de la demande et la valorisation de l'eau ;

1. La gestion et le développement de l'offre ;
2. La préservation et la protection des ressources en eau ;
3. La réduction de la vulnérabilité aux risques liés à l'eau et adaptation aux changements climatiques ;
4. La poursuite des réformes réglementaires et institutionnelles ;
5. La modernisation des systèmes d'information et le renforcement des moyens et des compétences.

A cet effet, le Maroc a mis en place un nouveau mode de gouvernance de l'eau qui consiste en l'élaboration et la mise en œuvre de contrats de nappes pour assurer une gestion plus rationnelle et plus efficiente des ressources avec la participation de toutes les parties prenantes, y compris la société civile.

SESSION TECHNIQUE N°1

Séance 1 – Gestion de la Ressource en Eau

Présidée par Mme Rachida BOUHLILA

Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (Tunisie)

« Une plateforme intégrée pour l'aide à la prise de décision dans la gestion des ressources en eaux des aquifères côtiers »

Présentée par M. Driss OUAZAR / Conférencier d'honneur

Professeur à l'Ecole Mohammedia d'Ingénieurs (EMI) (Maroc)

L'importance de la modélisation en tant qu'outil d'aide à la décision a été le thème central de cette contribution, qui était axée sur la présentation des différents aspects techniques liés à l'analyse des données, au calibrage des modèles, à la simulation et à l'élaboration de scénarios prévisionnels intégrant l'ensemble des paramètres disponibles et les prédictions relatives au changement climatique.

Les systèmes aquifères côtiers se caractérisent par une complexité d'interactions de facteurs internes et externes qui conditionnent l'état et la qualité des ressources en eau. L'analyse des processus physico-chimiques, hydrogéologiques et climatologiques des bassins permet de recueillir un certain nombre de données qui peuvent renseigner sur leur évolution.

L'intégration de l'ensemble de ces données dans des modèles appropriés permet de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes aquifères, leur dynamique et leur évolution. L'exploration de différents scénarios d'évolution peut donner plus de visibilité sur les types de gestion à adopter pour optimiser l'utilisation des ressources disponibles et limiter leur surexploitation et leur dégradation.

Il existe une variété de modèles numériques, globaux et régionaux, qui peuvent être utilisés par les gestionnaires dans la planification et la gouvernance de l'eau. Pour cela, un certain nombre de préalables sont nécessaires pour optimiser l'utilisation des modèles, notamment la disponibilité et l'accès aux données, l'utilisation des outils graphiques et spatiaux et des systèmes d'information intégrés (tel que les systèmes d'information géographique-SIG), le développement de l'ingénierie collaborative et de nouvelles techniques de mesures, de collecte et d'organisation de données.

Sur ce registre, il faut signaler l'inexistence d'un observatoire de données au Maroc, à l'instar d'autres pays de la région, ce qui limite l'accès aux données des chercheurs et des acteurs opérant dans le domaine de la gestion des ressources. Pour remédier à cette situation, il est recommandé de créer un observatoire de données qui serait chargé de l'élaboration et l'organisation de bases de données exhaustives (telles que des données hydrauliques, hydrodynamiques, hydrologiques, climatologiques, isotopiques, et physico-chimiques). L'accessibilité des données est indispensable

dans le choix du ou des modèles les mieux adaptés en fonction des besoins et du niveau d'expertise requis. Ainsi, l'intégration des données dans des systèmes d'informations appropriés, de type SIG, permet de mettre à la disposition des décideurs des outils efficaces de planification et de gestion. Il s'agit de mettre au point des systèmes spatiaux d'aide à la décision et des systèmes à base de connaissances. Cependant, certains modèles manquent de flexibilité sur le plan spatial mais permettent des analyses mathématiques poussées.

Dans le cas où les données ne sont pas disponibles ou suffisantes, des estimations sont possibles à partir de modèles globaux ou régionaux, en opérant des changements d'échelle (*downscaling/upscaling*) susceptibles de renseigner sur les paramètres manquants et de procéder à des simulations.

Par ailleurs, la modélisation peut être utilisée dans la perspective de l'atténuation des impacts du changement climatique et l'optimisation de l'adaptation. Elle requiert des niveaux variés d'expertise et d'intervention pour élaborer les modèles les plus appropriés pour une meilleure évaluation des risques et l'identification des nouvelles vulnérabilités potentielles.

La coopération dans le cadre des programmes de l'UNESCO ou autres est indispensable pour l'élaboration d'une vision partagée et une optimisation de l'utilisation des plateformes ouvertes de modélisation dans l'élaboration de scénarios plausibles des changements climatiques.

Etude de cas

« Convention-cadre sur la gestion durable de la nappe de Mnasra »

Présentée par M. Nour Eddine SERGHINI

Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (ABHS) (Maroc)

Située sur la façade atlantique du Maroc, la nappe de Mnasra constitue un exemple édifiant de gestion locale concertée des ressources en eau. Avec une superficie de 85 304 hectares et une densité démographique de l'ordre de 172 habitants par kilomètre carré, cette nappe subit une pression considérable due notamment à l'intensification de l'activité agricole et la surexploitation des eaux souterraines. En effet, l'irrigation s'étant sur une superficie de 38 000 hectares pour une surface agricole utile de 57 315 hectares et la production agricole est estimée à 800 000 tonnes, essentiellement constituée de cultures maraîchères et arboricoles. Le volume d'eau mobilisé est de 194 millions de mètres cubes par an. Tous ces éléments font de la région un pôle agricole par excellence et un pôle de développement régional. Le potentiel hydrique de la région fait face à de multiples contraintes liées, par exemple, à :

- La surexploitation des ressources en eau souterraines ;
- La sécheresse ;
- La dégradation de la qualité des eaux dues à l'activité agricole intense et l'intrusion marine ;
- Le retard de l'aménagement hydro-agricole de la zone côtière pour l'utilisation des eaux de surface et soulager ainsi l'exploitation des eaux souterraines ;
- Et l'extension très importante des superficies irriguées à partir des eaux souterraines.

Pour remédier à cette situation et assurer une gestion durable des ressources en eau de la nappe de Mnasra, une convention-cadre a été signée, en 2008, entre les différentes parties prenantes, à savoir quatre communes rurales, les autorités locales, l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb (ORMVAG), l'ONEP, l'Agence du Bassin Hydraulique du Sébou (ABHS) et le Ministère de la Santé. Cette convention-cadre, relative à la mise en œuvre du plan d'action « dialogue local sur la nappe de Mnasra », est articulée autour de trois axes principaux :

- Les études préliminaires ;
- Le renforcement des potentiels ;
- Les travaux prioritaires visant la protection des ressources en eau.

Concernant le premier axe, une étude de modélisation de la nappe de Mnasra et des études de suivi qualitatif/quantitatif du niveau piézométrique de la nappe ont été réalisées par l'ABHS. Des études d'impact (telles que sur l'infiltration des nitrates et des eaux usées) sont également prévues par la convention-cadre ainsi que des études de recharge de la nappe et de salinisation. Une synthèse de l'ensemble des études réalisées sera lancée en 2011 par l'ORMVAG.

Le deuxième axe porte sur le renforcement des potentiels à travers des actions de sensibilisation et d'encadrement des agriculteurs et des usagers de l'eau ainsi que la formation des animateurs.

Le troisième axe définit les travaux prioritaires, notamment les projets d'économie d'eau et les projets d'assainissement.

La convention-cadre définit les missions et attributions de chaque partie prenante dans la mise en œuvre des différentes actions prévues sur une durée de dix ans. Une commission de suivi présidée par le Gouverneur de la ville de Kénitra est chargée de suivre la réalisation des travaux et le respect des engagements des parties signataires (Article 5 de la convention-cadre).

Etude de cas

« Aquifères côtiers du Maroc : Contraintes et stratégie de gestion des ressources en eau »

Présentée par Mme Rachida LYAZIDI

Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (Maroc)

Le but de cette présentation était de faire le point sur l'état des connaissances relatives à la gestion des bassins hydriques du Maroc et l'évaluation qualitative et quantitative des aquifères côtiers et des ressources en eaux souterraines. Cette présentation a mis en relief les principales contraintes imposées aux aquifères, notamment côtiers, et les outils de suivi et de gestion techniques et réglementaires mis en place dans le cadre de la stratégie de gestion des ressources en eau au Maroc.

Le potentiel hydrique au Maroc est estimé à 22 milliards de mètres cubes par an, dont à 18 milliards de mètres cubes d'eaux de surface et 4 milliards mètres cubes d'eau souterraines. L'utilisation de ces ressources est répartie entre l'irrigation (88%) et l'alimentation en eau potable (AEP) et l'industrie (12%). Le volume des précipitations annuelles est de l'ordre de 140 milliards mètres cubes par an à l'échelle nationale. Le volume total surexploité est estimé à 862 millions de mètres cubes par an.

Le nombre total des aquifères est de 103 dont 27 côtiers, représentant 26% des aquifères marocains. Ces derniers mobilisent près d'un milliard de mètres cubes, soit 25% du potentiel mobilisable. Le potentiel saumâtre est estimé à 200 millions de mètres cubes par an.

Les aquifères subissent d'énormes contraintes qui se répercutent sur la qualité et la disponibilité des ressources en eau. Parmi ces contraintes il est possible de citer la surexploitation des aquifères, qui se traduit par une baisse continue des niveaux d'eau favorisant l'intrusion marine, ainsi que l'impact du changement climatique, en particulier la sécheresse et le déficit pluviométrique. La conjugaison de ces différents facteurs accentue la vulnérabilité des aquifères côtiers et entraîne la dégradation irréversible de la qualité des ressources en eaux souterraines.

Les outils de suivi et d'évaluation permettent de mieux comprendre les processus dynamiques internes des aquifères et leurs interactions avec l'environnement extérieur. Ainsi, pour identifier l'origine de la salinisation, différentes techniques sont utilisées, notamment des mesures du niveau de l'eau (piézométrie), la délimitation de l'interface eau douce/eau salée, les analyses physico-chimiques, géophysiques, isotopiques, et la modélisation densitaire.

Par ailleurs, des outils réglementaires ont été introduits par la Loi 10-95 sur l'eau visant à sauvegarder les nappes d'eau souterraines dont la gestion relève des ABH qui sont habilités à délivrer les autorisations de pompage des eaux souterraines des nappes, délimiter les périmètres de protection ou d'interdiction et prendre les mesures répressives qui s'imposent en cas d'infractions.

Ces sanctions peuvent aller du retrait d'autorisation en cas de non respect des clauses à la démolition des bâtisses.

Sur la base de tous ces éléments, le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement a élaboré et mis en œuvre une stratégie de gestion articulée essentiellement autour des axes suivants :

- La préservation des réserves stratégiques ;
- La limitation de l'exploitation aux ressources renouvelables ;
- L'optimisation de l'utilisation des eaux souterraines.

DEBAT ET DISCUSSIONS

Mme Rachida BOUHLILA, présidente de la première séance, a débuté cette séance de travail en rappelant que la gestion des aquifères côtiers face aux impacts du changement climatique est un thème crucial pour la région de la rive Sud du bassin méditerranéen, caractérisée par une concentration de la population et des activités sur les zones côtières avec une migration importante ainsi qu'une demande en eau croissante.

De façon générale, cette session a permis de faire un diagnostic de la situation des aquifères côtiers au Maroc et de la stratégie nationale de gestion des ressources en eau. Elle a également permis de mieux cerner le rôle de la modélisation et des outils de gestion mis à la disposition du gestionnaire pour une meilleure visibilité de ces systèmes complexes et d'établir des scénarios prospectifs de gouvernance de l'eau afin d'atténuer les impacts du changement climatique, notamment de l'intrusion marine.

Les discussions ont été essentiellement axées sur les aspects techniques liés à l'application des modèles, en particulier sur l'interpolation des modèles régionaux et globaux du changement climatique et leur adaptation aux contextes locaux. En effet, l'utilisation de la modélisation pose le problème de chevauchement entre les échelles (globale, régionale et locale) et du *downscaling*, qui rend parfois très difficile l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus. Par ailleurs, il est fondamental de procéder au calibrage des modèles et d'apporter les corrections nécessaires par le biais de recoupements avec des données du terrain et de cartographie. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir accès à des données fiables et pérennes, impliquant une expertise pluridisciplinaire, d'où la proposition de la création d'un (ou de plusieurs) observatoire(s) national (nationaux) de données, qui seraient accessibles à tous les chercheurs. Cela suppose aussi que des moyens nécessaires soient mobilisés pour la collecte des données et multiplier les points d'observation.

Par ailleurs, les participants ont souligné l'importance des contrats de nappes dans la gestion participative et concertée des aquifères et ont insisté sur l'aspect social et la nécessité d'impliquer les communautés dans le processus de prise de décision. De plus, il a été soulevé que le Maroc avait pris du retard pour introduire ces aspects sociaux dans la gestion des ressources en eau. Ainsi, c'est important qu'aujourd'hui les ABH commencent à les considérer, en particulier avec l'introduction des contrats de nappes. Dans le cas de la nappe de Mnasra, l'élaboration de la convention-cadre s'est réalisée en concertation avec la population, via des *workshops* et des réunions, à différents niveaux (à l'échelle des autorités, des responsables des communes et directement avec la population). Un grand effort de sensibilisation et de communication est indispensable pour changer les comportements de la population et des usagers vis-à-vis des ressources afin de limiter la surexploitation et la dégradation de la qualité des aquifères. Il a été également souligné qu'avant de réaliser des contrats de nappes il faut absolument connaître les données qui caractérisent la nappe considérée, telles que l'avancement du biseau salé, la salinité, l'évolution de la nappe sur le long terme et les processus physiques, et les éléments stratégiques.

Par ailleurs, les participants ont mis l'accent sur l'importance du renforcement du cadre juridique pour sauvegarder les bassins hydriques contre la surexploitation, notamment des pompages clandestins. Dans ce sens, concernant la nappe de Mnasra, il existe un projet en cours pour la déclarer comme zone d'interdiction de prélèvements, sauf pour les projets agricoles déjà existants.

Séance 2 - Intrusion Marine

Présidée par M. Abdelaziz ZEROUALI

Directeur de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss (ABHS) (Maroc)

« Intrusion marine et recyclage du sel dans la nappe côtière irriguée de Korba, Nord-Est de la Tunisie »

Présentée par Mme Rachida BOUHLILA / Conférencier d'honneur

Professeur à l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis (ENIT) (Tunisie)

L'objectif de cette présentation était d'exposer un cas d'étude et des modèles de salinisation de la plaine irriguée de Korba (Nord-Est de la Tunisie), en particulier sur le recyclage des sels. Ainsi, l'analyse du processus de salinisation a permis d'identifier différentes sources de sels, telles que l'intrusion marine, le pompage de l'eau de la nappe qui favorise l'intrusion marine, et l'irrigation avec l'eau saumâtre, qui entraîne une reconcentration des sels dans les sols, et donc dans la nappe. Cependant, il existe très peu d'études sur ce processus de recyclage des sels (tel que l'échange cationique), alors qu'il y a beaucoup d'études sur l'intrusion marine.

Etendue sur une superficie de 438 km², l'aquifère côtier de Korba, avec plus de 6000 puits équipés, se caractérise par un climat semi-aride, une pluviométrie annuelle de l'ordre de 450 mm, une évapotranspiration estimée à 1100 mm et une activité agricole très intense.

La méthodologie de cette étude combine des analyses de terrain, de la modélisation et quelques travaux de géophysique. Les relevés piézométriques depuis les années 1960 ont montré l'existence de l'intrusion marine au niveau de la nappe. Actuellement, une dépression de -15 m par rapport au niveau de la mer et une salinité dépassant 12 g/l sont enregistrées. L'étude de la relation entre le sol et la nappe et de l'interface entre eau douce et eau salée a permis d'identifier des variations saisonnières des niveaux de salinité liées au cycle d'irrigation. Les analyses hydro-chimiques des eaux souterraines ont révélé notamment l'existence d'un processus catalytique de dissolution de la calcite. L'étude de l'évolution des sels ont montré une variation de la salinité avec des pics qui coïncident avec les saisons d'irrigation, une part de la salinisation étant due à l'intrusion marine et une autre due à l'irrigation. La modélisation de la nappe de Korba a permis d'intégrer des paramètres relatifs, par exemple, aux conditions climatiques, à l'évapotranspiration, et à la pluviométrie. Cette étude, réalisée dans le cadre d'un travail de recherche en cours de finalisation, permettra de clarifier la dynamique de cet aquifère côtier, particulièrement à travers la modélisation des échanges cationiques et du recyclage des sels lié à l'irrigation à l'eau saumâtre.

Mme BOUHLILA a également présenté le modèle GEODENS qu'elle a développé à l'ENIT et qui est un modèle couplé d'écoulement, de transport multi espèces avec des réactions chimiques permettant de simuler les écoulements saturés et non saturés. GEODENS peut être utilisé pour simuler :

- L'intrusion marine ;
- La dissolution des couches géologiques ;
- Le recyclage des sels ;
- Les processus de salinisation des sols, notamment lors de l'utilisation d'eau saumâtre pour l'irrigation ;
- La genèse des sabrha et des dépressions salées ;
- Le stockage des déchets et du CO₂ dans les formations salines profondes.

Ce modèle a été développé dans le but d'étudier des eaux avec des concentrations élevées (ce qui a un effet sur la densité et la viscosité de l'eau) et variables. Il a servi, par exemple, à modéliser et quantifier la dissolution de la calcite dans les nappes côtières. Les résultats ont montré que la problématique de l'intrusion marine est autrement plus grave dans les aquifères calcaires, car le mélange eau douce et eau de mer avec les teneurs dissoutes en CO₂ peut dissoudre la calcite et ainsi favoriser l'intrusion marine.

Etude de cas

« L'impact du changement climatique sur l'intrusion marine à Tripoli, Libye »

Présentée par M. Fakhri K. SALIM

Membre du Département d'ingénierie géologique de l'Université Al-fateh (Libye)

Les objectifs de cette étude de cas étaient de :

- Identifier l'état de l'intrusion marine et de la qualité de l'eau au niveau de la couche supérieure de l'aquifère de Tripoli ;
- Evaluer la situation hydrogéologique ;
- Déterminer la forme de l'interface et de la distribution spatiale et temporelle de la salinité au niveau de l'aquifère côtier de Tripoli.

L'analyse a été basée sur des méthodes multidisciplinaires (telles que le niveau d'eau, les analyses chimiques et isotopiques) ainsi que sur des données historiques, de terrain (réparti sur deux saisons : sèche et humide) et des données obtenues à l'aide du système d'information géographique (SIG).

Les mesures de salinité et des niveaux piézométriques ont montré l'existence d'une intrusion marine et d'un déclin du niveau de l'eau de 1978 à 2002.

La modélisation, qui a pris en compte, par exemple, tous les paramètres hydrologiques, les moyennes des précipitations, des températures, les drainages des eaux de surface, a permis d'identifier les principales contraintes et défis résultant de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau en Libye. Ces contraintes et défis concernent essentiellement l'abaissement alarmant de la ligne d'eau en dessous du niveau de la mer, la surexploitation des ressources en eau, et la dégradation de la qualité des eaux souterraines.

Les résultats de cette étude serviront de base à l'élaboration d'une stratégie de gestion adaptée pour contrôler et préserver les ressources en eaux souterraines côtières en termes de qualité et de quantité.

Etude de cas

« Approche méthodologique pour la modélisation de l'intrusion marine au niveau des aquifères côtiers »

Présentée par M. Abdelkader LARABI

Professeur et directeur du laboratoire de recherche LIMEN à l'EMI (Maroc)

Ce travail consiste à développer et appliquer des modèles appropriés pour la conception de système d'aide à la décision dans la gestion des aquifères côtiers, en particulier au Maghreb. En effet, le choix des modèles doit être guidé par des besoins spécifiques en fonction du niveau d'expertise requis. Il existe une multitude de modèles théoriques, analytiques, numériques. Cependant, seuls quelques modèles sont les plus utilisés au niveau international. Ces modèles prennent en compte plusieurs paramètres et intègrent l'ensemble des mesures et données disponibles. Dans le cas de l'intrusion marine, plusieurs techniques permettent de recueillir les informations essentielles concernant les nappes d'eaux souterraines (telles que les analyses chimiques, les études géophysiques et isotopiques).

Les modèles mathématiques sont les plus adaptés à l'étude de cas d'intrusion marine. Ces modèles permettent, par exemple, de décrire le mouvement de l'eau et le transfert de solutés, de planifier les ressources en eau, d'étudier l'occurrence des intrusions marines, d'examiner les modes de transport et d'écoulement des eaux, et de suivre l'évolution de la ligne d'interface d'eau douce / eau salée. Il existe aussi des solutions analytiques et des modèles dits de laboratoire, basés sur des hypothèses et des simplifications qui n'existent pas sur le terrain, et dont le rôle de ces modèles réside dans le fait qu'ils peuvent vérifier et valider les modèles mathématiques et leurs codes numériques.

Un *benchmarking* des modèles existants est nécessaire pour le développement de modèles adaptés au contexte local. Au Maroc, il existe plusieurs exemples d'application de la modélisation de l'intrusion d'eau de mer :

- Aquifère côtier de Maamora, en 1994, avec le modèle GEO_SWIM ;
- Aquifère côtier de Martil, en 1998, avec le modèle GEO8SWIM ;
- Sahel, en 1999, avec le modèle CODESA_3D ;
- Aquifère côtier de Chaouia, en 2002, avec le modèle SEAWAT ;
- Oued Laou, en 2002, avec le modèle GEO_SWIM ;
- Rmel (Larache), en 2004, avec le modèle SEAWAT ;
- Rhis Nekkour, en 2004, avec le modèle SEAWAT ;
- Souss Massa, en 2006, avec le modèle GEO_SWIM ;
- Oasis de Tafilalet, en 2010, avec le modèle FEFLOW.

Ces modèles peuvent être utilisés, par exemple, pour retrouver la date du début de l'intrusion ou pour déterminer le volume d'intrusion marine dans la nappe, actuel et dans le futur. Ils constituent ainsi d'importants outils d'aide à la décision. Ces modèles, qui doivent être calibrés et validés, peuvent être couplés avec des modèles de gestion de conflits d'eau (*Decision Support System-DSS models*) et/ou d'optimisation des ressources. Cependant, une bonne gestion des aquifères via la modélisation ne permet en aucun cas d'éviter le phénomène d'intrusion marine ; une bonne gestion ne permet que de contrôler ce phénomène.

DEBAT ET DISCUSSIONS

M. Abdelaziz ZEROUALI, président de la deuxième séance, a rappelé que l'intrusion marine dans les nappes côtières est une problématique très importante, et que lorsque le phénomène existe déjà, il est très difficile de revenir vers l'équilibre initial.

Les forages pour l'AEP sont souvent mis en cause dans le phénomène de l'intrusion marine. Les autres prélèvements, tels que les prélèvements clandestins et agricoles, ne sont pas négligés mais les données pour l'AEP existent et sont accessibles alors que les autres prélèvements sont souvent difficilement quantifiables et c'est pourquoi ils ne sont pas, la plupart du temps, intégrés dans les études.

Les participants ont souligné le rôle des réseaux, de la coopération régionale et des rencontres scientifiques pour assister les pays, les décideurs et les spécialistes du domaine via l'échange de savoirs-faires, de connaissances et d'idées sur la gestion des aquifères, et en particulier sur le phénomène d'intrusion marine.

Les participants ont également mis l'accent sur l'importance de la prévention dans la gestion des aquifères côtiers, en particulier dans le cas de l'intrusion marine. De plus, il est nécessaire de développer la recharge artificielle des nappes afin d'élever le niveau des eaux dans les nappes et pousser le biseau salé en profondeur dans le but de réduire la salinisation des aquifères côtiers. Par ailleurs, les analyses, en particulier isotopiques, nécessaires à l'obtention de données fiables et pérennes demandent d'importants moyens financiers et par exemple l'utilisation de certains traceurs isotopiques se trouve parfois limitée à cause du manque de fonds.

Les participants ont également mis l'accent sur l'importance de la prévention dans la gestion des aquifères côtiers, en particulier dans le cas de l'intrusion marine. De plus, il est nécessaire de développer la recharge artificielle des nappes afin d'élever le niveau des eaux dans les nappes et pousser le biseau salé en profondeur dans le but de réduire la salinisation des aquifères côtiers.

Par ailleurs, les analyses, en particulier isotopiques, nécessaires à l'obtention de données fiables et pérennes demandent d'importants moyens financiers et par exemple l'utilisation de certains traceurs isotopiques se trouve parfois limitée à cause du manque de fonds.

SESSION TECHNIQUE N°2

Séance 1 - Modélisation

Présidée par Emad ADLY

Coordinateur Général du Réseau Arabe de l'Environnement et du Développement (Egypte)

« Exploitation optimale et durable des eaux souterraines de l'aquifère de Gaza - Palestine »

Présentée par M. M. Khalid QAHMAN / Conférencier d'honneur

Président Adjoint d'*Environment quality authority* (Palestine)

Cette présentation montre l'importance de l'apport des modèles numériques dans la gestion des aquifères en fonction d'objectifs différents. Ces objectifs peuvent être basés, par exemple, sur la maximisation de la quantité d'eau produite, des bénéfices d'exploitation des eaux, la réduction des coûts de production et de traitement, et la réduction des sels produits. Les contraintes de fonctionnement comprennent les valeurs maximale et minimale du taux de pompage dans les forages, la concentration maximale de sel acceptable dans l'eau produite, et un minimum de charge hydraulique qui doit être maintenue dans les puits.

La nappe de Gaza s'étend sur une superficie de 365 km². Elle constitue la seule source naturelle d'eau pour répondre à une forte demande de la population estimée à 1,5 million d'habitants, avec une densité très élevée de l'ordre de 4100 personnes par kilomètre carré. Cette nappe est caractérisée par une surexploitation des ressources en eaux souterraines (près de 5000 puits de pompage, en grande majorité à but agricole) et la dégradation de la qualité des eaux due à l'irrigation et à l'intrusion marine.

Les études ont permis de montrer qu'une surexploitation de la nappe induit une intrusion d'eau de mer vers les centres de pompage majeurs et que plus de 70% de l'aquifère représentent des eaux saumâtres ou salines et moins de 30% sont de l'eau douce. Ainsi, l'intrusion d'eau de mer pose présentement le risque le plus important pour les structures municipales de distribution. En effet, moins de 10% de l'eau produite par l'aquifère correspond à une eau répondant aux normes potables de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en termes de concentrations en chlorures et nitrates. Le développement de scénarios de gestion à partir des modèles numériques appropriés permet d'établir des pronostics de l'évolution des ressources. Ainsi, selon le scénario « pessimiste », si la surexploitation des ressources continue, à l'horizon 2020, il faudra trouver d'autres sources en eau car le potentiel hydrique de la nappe sera épuisé et la dépression s'enfoncera à près de 200 m du niveau de la mer.

A noter qu'en 2003, le tiers de la nappe était déjà occupé par les eaux salées. Selon un scénario plus optimiste, la nappe pourrait être régénérée, cependant pour ce faire il faudrait trouver les meilleures solutions pour maximiser le pompage tout en réduisant la salinité.

Les résultats de l'application de la technique d'optimisation (*Optimization-Management Models*) au niveau de l'aquifère de Gaza ont permis d'améliorer la planification des politiques de gestion. Ces résultats montrent que le taux optimal de pompage est de l'ordre de 26 à 34% de la recharge naturelle totale au niveau de la zone d'étude.

En conclusion, il a été montré que l'épuisement et la détérioration des aquifères sont des problèmes complexes, impliquant non seulement des considérations hydrogéologiques mais aussi socioéconomiques et légales. Plusieurs recommandations générales en découlent :

- Le développement de stratégies et de régulations de gestion des aquifères ;
- La construction de structures de recharge artificielle et investigation d'autres sources potentielles ;
- La construction de sites d'enfouissement sanitaire et d'usines de traitement des eaux usées pour toutes les municipalités ;
- Le développement d'une loi sur l'eau qui améliorerait la législation actuelle relative aux eaux souterraines et de surface ;
- Le développement d'un réseau de données fiables ;
- L'éducation, la sensibilisation et l'implication de la population.

Des recommandations plus spécifiques ont également été énoncées, entre autres :

- Une action immédiate devrait être entreprise afin de diminuer le sur-pompage de l'aquifère et ainsi améliorer la qualité des eaux ;
- Une interaction entre modélisation, monitoring et gestion de l'aquifère de Gaza devrait être considérée pour le développement future des stratégies politiques.

Etude de cas

« Impact du changement climatique sur les eaux souterraines dans le Delta du Nil »

Présentée par Dr. Dia EIDin ELQOUSY

Professeur Emérite au *National Water Research Center* (Egypte)

Cette présentation avait pour objectif d'étudier l'impact du changement climatique sur la qualité et la disponibilité des ressources en eaux dans le Delta du Nil (Egypte). La zone d'étude s'étendait sur une superficie de 20 000 km², soit 2,3% de la superficie du pays et 46% de la surface cultivée. Cette région connaît une importante concentration démographique, estimée à 40 millions d'habitants, soit 45% de la population du pays.

Cette pression anthropique, conjuguée aux aléas climatiques, est à l'origine d'une exploitation excessive des ressources en eaux de surface et une dégradation de la qualité des eaux souterraines due à l'irrigation et la pollution. La salinisation des eaux de la nappe est accentuée par le phénomène de subsidence géologique au niveau du Delta de l'ordre de 5 mm/an. Cependant, ce phénomène n'est pas bien étudié d'où la nécessité de développer un modèle approprié pour mieux comprendre les interactions qui se produisent dans ce système complexe et évaluer la vulnérabilité des aquifères côtiers.

Concernant le changement climatique, l'augmentation de la température pourrait affecter les eaux de surface, augmenter la salinité des sols et des eaux et l'augmentation du niveau de la mer provoquerait l'intrusion d'eau de mer et ainsi l'augmentation de la salinité des sols et des eaux souterraines. Or, une fois mélangés aux couches aquifères salines inférieures, les aquifères côtiers d'eau douce sont plus enclins aux pollutions. Les dunes de sable le long de la côte sont la première ligne de défense contre les aléas climatiques et dans ce sens devraient être bien protégées et maintenues.

Pour préserver les aquifères côtiers, entre autre du changement climatique, cette présentation a énuméré plusieurs recommandations :

- La mise en place de structures protectrices, telles que des murs, des barrages ;
- Le développement d'un schéma de gestion durable de l'eau ;
- Le choix des systèmes de cultures en fonction des ressources en eau disponibles ;
- La participation des parties prenantes ;
- Un système de drainage fiable ;
- Une réforme institutionnelle prenant en compte les changements climatiques.

Etude de cas

« Caractérisation hydrogéologique des aquifères côtiers méditerranéens pour une meilleure gestion : Apport de la modélisation et évaluation de la vulnérabilité »

Présentée par Mme Namira EL AMRANI PAAZA

Membre du Laboratoire des Sciences de l'Environnement et Développement et Membre du Comité Marocain de l'Association Internationale des Hydrogéologues (AIH) (Maroc)

Les études présentées concernaient deux problèmes environnementaux majeurs rencontrés au niveau des aquifères côtiers :

- Salinisation et pollution agricole : étude de cas au niveau de l'aquifère littoral du Delta du Rio Adra (Almérie, Espagne) ;
- Intrusion marine : étude de cas au niveau des plaines de l'Oued Laou (Tétouan, Maroc) et de Bou-Areg (Nador, Maroc) ;
- Intrusion marine : étude de cas au niveau des plaines de l'Oued Laou (Tétouan, Maroc) et de Bou-Areg (Nador, Maroc).

Dans le cas du Delta du Rio Adra, les objectifs étaient de simuler la contamination des eaux souterraines du Delta et l'eutrophisation des Albuferas et de caractériser et modéliser les données hydrogéochimiques de cet aquifère. Ainsi, cette étude a permis d'identifier l'impact de la contamination par infiltration des nitrates et a montré que les nitrates proviennent essentiellement du retour à l'irrigation des cultures agricoles (cultures sous serres) en amont du Delta.

L'étude réalisée au niveau de la plaine de l'Oued de Laou avait pour objectifs de prévoir l'effet des pompages sur les niveaux piézométriques et d'estimer l'effet de forages additionnels sur la nappe pour l'alimentation en eaux potables (AEP). Selon les résultats des simulations, la mise en service de forages additionnels pour l'AEP engendrerait une avancée plus remarquable de l'interface eau douce/eau salée. Par conséquent, les puits situés du côté littoral doivent être exclus du plan d'approvisionnement en eau potable des populations. De plus, il a été déduit, d'après les données existantes de l'Agence du Bassin Hydraulique de Laou (ABHL), que l'interface avance à raison de 1 mètre par année.

L'étude sur la plaine de Bou-Areg (région de Nord-Est du Maroc) s'est focalisée sur l'origine de la salinité des eaux. Les résultats ont montré que les pompages au niveau de la plaine pour l'irrigation et l'installation de systèmes de drainage ont contribué à un rabattement important des niveaux piézométriques. Ainsi, une remontée locale de l'eau salée dans la nappe sous l'effet de pompages intenses pour l'irrigation a pu être relevée. Cependant, il a été également noté qu'au niveau de la plaine il y a un adoucissement des eaux de la nappe grâce aux infiltrations des eaux douces provenant des massifs montagneux, à la percolation des précipitations et au retour d'irrigation (Canal Bou-Areg).

Etude de cas

« Modélisation numérique de la nappe de Foum El Oued (Maroc) : Analyse des modalités de sa recharge artificielle et des processus de sa pollution »

Présentée par M. Mohamed SINAN

Professeur et Directeur de recherche à l'Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP) (Maroc)

Cette étude, réalisée dans le cadre d'un partenariat franco-marocain, avait de multiples objectifs :

- L'amélioration des connaissances sur l'hydrogéologie du bassin de Foum El Oued (Sud du Maroc) ;
- L'évaluation des capacités de recharge artificielle de la nappe à partir des eaux de l'Oued Saquia AL Hamra ;
- Et l'évaluation du risque de pollution de la nappe par l'infiltration des eaux usées de la ville de Laâyoune et par l'intrusion des eaux marines.

La nappe de Foum El Oued est une petite nappe qui s'étend sur une superficie de plus de 450 km² et qui joue un rôle important dans l'approvisionnement de la population de la région qui souffrait d'un déficit net en eau. Plusieurs contraintes caractérisent le potentiel hydrique de la région, notamment la sécheresse et la pollution.

L'étude de modélisation de l'aquifère côtier de Foum El Oued avait pour objectif d'évaluer la capacité maximale de la recharge artificielle de la nappe à partir des eaux du barrage Saquia AL Hamra et également d'étudier l'impact de l'infiltration des eaux usées de la ville de Laâyoune sur la qualité des eaux de la nappe et d'évaluer l'extension du biseau salé dans la zone côtière.

Ainsi, cette étude a permis d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère de Foum El Oued, d'actualiser son bilan hydraulique et d'évaluer la capacité maximale de la recharge artificielle de la nappe à environ 23 millions de mètres cubes par an. Quant au biseau salé, une pénétration sur environ 3 km a pu être évaluée et serait engendrée par les prélèvements de l'eau dans les forages du champ captant de l'ONEP.

Il a été recommandé de faire un contrôle continu de la piézométrie et de la qualité des eaux, pour évaluer l'impact des prélèvements de l'ONEP sur la nappe et s'assurer de l'efficacité de la recharge artificielle de la nappe. L'éventualité de la recharge de la nappe par les eaux usées épurées de la ville de Laâyoune est aussi à étudier et à envisager.

DEBAT ET DISCUSSIONS

Au terme de cette séance, les participants ont discuté plusieurs points liés à la recharge naturelle et artificielle des nappes pour palier à la diminution des eaux souterraines et limiter l'intrusion marine. Avant la construction des barrages, les nappes se rechargeaient naturellement, essentiellement avec l'infiltration des eaux de crues. Le développement des barrages, permettant de lutter contre les inondations, a empêché en contrepartie cette recharge naturelle des nappes. Ainsi, il faudrait que les décideurs face une comparaison technico-économique et sociale avant de construire des barrages pour éviter, par exemple, le recours à la recharge artificielle (cas de la nappe de Foum El Oued au Maroc) et/ou la disparition des petites nappes (cas de la nappe de Kairouan, Tunisie), qui représentent une source vitale d'eau pour les populations aux alentours.

Concernant l'impact des prélèvements sur les nappes, il faut aussi considérer, dans les études et analyses, les prélèvements dits clandestins, en plus des prélèvements destinés à l'AEP. D'ailleurs, dans le cas de l'ONEP au Maroc, il existe un système d'autorégulation pour vérifier l'impact des forages, comme c'est le cas lors de forages côtiers d'eau de mer pour contrôler l'avancée du biseau salé.

Un autre point discuté portait sur le traitement des eaux usées afin de les réinjecter au niveau des nappes, permettant ainsi d'une part d'éviter une pollution par les eaux usées brutes et d'autre part de fournir une source pérenne d'eau supplémentaire aux nappes. Cette solution serait moins coûteuse que le dessalement d'eau de mer.

SÉANCE 2 – CHANGEMENT CLIMATIQUE

Présidée par M. Fakhri K. SALIM

Membre du Département d'ingénierie géologique de l'Université Al-fateh (Libye)

« Le rôle de la société civile dans le renforcement des capacités des communautés menacées par les effets du changement climatique »

Présentée par M. M. Emad ADLY / Conférencier d'honneur

Coordinateur Général du Réseau arabe pour l'environnement et le développement (Egypte)

L'objectif de cette présentation était de mettre l'accent sur l'implication des communautés depuis la planification à la mise en œuvre et l'évaluation des stratégies de développement, en particulier dans la gestion des ressources en eaux. En effet, les communautés sont les plus concernées puisqu'elles subissent directement et indirectement les impacts du changement climatique (tels que les sécheresses et les catastrophes naturelles).

La volonté des pouvoirs publics à engager la société civile dans le débat public est un préalable à la participation effective des communautés dans la gestion durable des aquifères côtiers. Les organisations de la société civile peuvent ainsi jouer un rôle important dans l'évaluation des politiques publiques. A travers le dialogue social, le renforcement des capacités et la mise en place de mécanismes participatifs établis par les pouvoirs publics, la société civile contribue à l'amélioration de la gestion et la responsabilisation des décideurs. Ceci suppose une sensibilisation des communautés à prendre part au débat public et jouer un rôle de catalyseur dans la gestion des affaires publiques et le renforcement de la démocratie locale. Un cadre de partenariat préétabli (tel que le contrat de nappe) favorise l'adhésion des populations aux changements proposés et permet une meilleure efficacité de l'intervention et d'adaptation aux impacts du changement climatique.

Les médias ont un rôle important à jouer dans la mobilisation des communautés et la formation de l'opinion publique concernant les problématiques qui affectent leur vie quotidienne. Cet élan doit être accompagné d'une communication effective de la part des différents intervenants impliqués dans la gouvernance de l'eau.

Etude de cas

« Changement climatique et impacts potentiels sur les ressources en eau en Jordanie »

Présentée par M. M. Ma'moon ISMAIL

Hydrogéologue, *Ministry of water and irrigation water authority of Jordan* (Jordanie)

La Jordanie est parmi les quatre pays les plus pauvres en eau dans le monde :

- 80,6% de la superficie en Jordanie reçoivent des précipitations annuelles inférieures à 100 mm ;
- 3% seulement reçoivent des précipitations supérieures à 300 mm/an ;
- La demande dépasse largement le volume des ressources disponibles (1505 vs 867 millions de mètres cubes en 2009), notamment dans la partie Nord-Ouest.

Les indicateurs climatiques renseignent sur la nature et l'ampleur des impacts du changement climatique, notamment la dépression des niveaux d'eaux souterraines, l'augmentation des températures, la diminution des précipitations et leurs répercussions directes sur la recharge des aquifères. Jusqu'à aujourd'hui, l'évaluation des impacts du changement climatique en Jordanie fait ressortir :

- Une réduction de 30% des ressources en eau de surface ;
- Une nette diminution du volume des précipitations ;
- Et une baisse de la production agricole, secteur sur lequel le pays et le monde Arabe s'appuient fortement.

De plus, les experts en environnement prévoient que si le changement climatique continue ainsi, la Jordanie devrait s'attendre à une augmentation de 1 à 2 °C en 2030-2050, ce qui résulterait en une diminution du nombre d'aquifères et oasis, une réduction de la couverture verte et la transformation des terres semi-arides (soit 80% de la superficie du pays) en terres arides et en déserts.

Face à cette situation, le Ministère de l'Environnement jordanien a élaboré, en décembre 2009, une stratégie d'adaptation au changement climatique financée par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et le Fonds Espagnol pour la réalisation des objectifs du Millénaire, d'un montant global 4,3 millions USD.

Les principales mesures visant à atténuer l'impact du changement climatique consistent en la planification rationnelle basée sur des données sur le long terme des ressources en eau disponibles (telles que des données sur les eaux de surface, les eaux souterraines y compris les aquifères profonds, et sur l'épuration des eaux usées) ainsi qu'une distribution équitable des ressources, tenant compte des différents droits de l'eau et des usages prioritaires comme l'alimentation en eau potable, l'agriculture, l'industrie et le tourisme.

Etude de cas

« Adaptation de la population et de l'agriculture sous l'impact prévu du changement climatique dans les zones arides et semi-arides »

Présentée par M. Ayman RABI

Directeur Exécutif de *Palestinian Hydrology Group* (Palestine)

L'objectif de cette présentation était d'attirer l'attention de la communauté internationale sur les problèmes de gestion des ressources en eau dans les zones de conflit politique, en l'occurrence dans les territoires palestiniens. En effet, la répartition des ressources en eaux disponibles (soit 2,8 milliards de mètres cubes entre la Jordanie, Israël et la Palestine) est caractérisée par une flagrante inégalité entre Palestiniens (8,2%) et Israéliens (57,1%) et ne reflète nullement les besoins actuels en eau des Palestiniens. Cette situation est notamment due à la persistance de différents concernant le partage des eaux dans les négociations entre les deux parties en conflit dans le cadre du processus de paix.

Ce stress hydrique est d'autant plus ressenti à Gaza, ville soumise à des restrictions draconiennes d'extraction des eaux de la nappe. Cette situation est aggravée sous l'effet de la pollution et du changement climatique qui a entraîné des hausses de températures associées à un recul des précipitations annuelles de l'ordre de 22 mm. Le phénomène de la sécheresse n'étant pas bien étudié, peu d'informations sont disponibles concernant les répercussions sur le potentiel hydrique mobilisable de la région.

Des scénarios hypothétiques prévoient l'augmentation des besoins en eau supplémentaire dans l'avenir, spécifiquement pour l'agriculture. Il s'avère nécessaire de développer les moyens pour augmenter la disponibilité des ressources en eau, en particulier, pour les Palestiniens qui subissent la pression de la raréfaction de l'eau. La surexploitation des eaux souterraines par les Israéliens (des centaines de puits en dehors de la ligne verte) et la dégradation de la qualité des eaux souterraines par l'irrigation, l'intrusion marine et la pollution se répercutent sur la qualité de vie des populations :

- Un impact sur les terres agricoles et sur les revenus ;
- Une détérioration des terres arables ;
- Un déficit de la production agricole et animale ;
- Des problèmes de santé animale ;
- La mortalité ;
- La perte d'emplois, etc.

Pour remédier à cette situation délicate, il est nécessaire de procéder à une réévaluation de la disponibilité des ressources en eau, une meilleure distribution et gestion des ressources en eaux disponibles. Par ailleurs, il est indispensable de développer des solutions alternatives, telles que l'utilisation de nouvelles variétés de produits agricoles plus résistantes.

Etude de cas

« Impact des changements climatiques sur les ressources en eau de la région Nord-Est de l'Algérie »

Présentée par M. Hocine HAZMOUNE

Ingénieur à l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) (Algérie)

L'objectif de cette présentation était de donner un aperçu sur l'état des ressources au niveau des bassins versants de la région Nord-Est de l'Algérie. Cette région est caractérisée par un climat aride, un déficit pluviométrique accentué et une hausse importante des températures pendant les saisons sèches. Les sécheresses consécutives et chroniques qu'a connues le pays depuis plusieurs années ont un impact sur la disponibilité des ressources en eau de surface et sur les ressources en eau souterraine. De ce fait, la diminution des ressources hydriques a pu être estimée à 25%. Cependant, les réserves en eau avérées et virtuelles en Algérie sont considérables mais le plus souvent, elles sont soit irrationnellement exploitées soit anarchiquement gérées.

Dans l'ensemble, les aquifères côtiers sont dans un état de surexploitation incontestable. Cette situation a engendré, dans certains cas, la dégradation de la qualité des eaux par l'agriculture, et parfois à cause d'une intrusion marine. Pour faire face à cette situation, le Ministère algérien des ressources en eau a mis en place plusieurs actions visant à préserver les ressources en eau et à limiter l'impact de la sécheresse, telles que :

- La mise en place d'un cadre réglementaire relatif à l'eau ;
- L'actualisation du Plan National de l'Eau (PNE) ;
- Le diagnostic et la réhabilitation des réseaux d'eau potable ainsi que la généralisation du comptage, pour limiter la déperdition des eaux ;
- Des initiatives de recharge des nappes, via la réalisation et l'interconnexion des barrages et le dessalement de l'eau de mer.

DEBAT ET DISCUSSIONS

Il ressort de l'ensemble des études de cas présentées une similitude entre les pays de la rive Sud au niveau des contraintes et des problèmes rencontrés, en particulier par rapport à la surexploitation des ressources en eau, au manque de ressources en eaux disponibles face à une demande de plus en plus pressante, à la dégradation de la qualité des eaux (salinisation d'origine diverses, pollution), à la croissance démographique, à l'augmentation du niveau de vie des populations, aux sécheresses et au changement climatique, et à un besoin d'une agriculture plus étendue et plus productive.

Les participants se sont accordés sur l'importance de l'implication des communautés dans le processus de gestion des aquifères côtiers et la prévention de la dégradation de la qualité des eaux, notamment dues aux activités agricoles, à l'irrigation et à l'intrusion marine. Cependant, la problématique réside dans l'incitation des communautés à participer aux projets, car les utilisateurs, tels que les agriculteurs, sont réticents et n'y voient pas leur intérêt. Ainsi, le challenge est de pouvoir mobiliser davantage la société civile et surtout de renforcer les capacités des populations locales. Par ailleurs, le concept de « société civile » est difficilement applicable dans les pays de la rive Sud du bassin Méditerranéen car il sous-entend la notion de « citoyen », qui n'existe pas encore dans les pays Arabes.

Suite à l'étude de cas de la Jordanie, une idée a été soulevée durant le débat portant sur le développement d'industries de stockage d'eau pour l'exportation et une coopération interarabe dans ce domaine.

SESSION TECHNIQUE N°3 : SALINISATION

Présidée par M. Ma'moon ISMAIL

Hydrogéologue, *Ministry of water and irrigation water authority of Jordan* (Jordanie)

« Les systèmes aquifères transfrontaliers : gérer une ressource vitale, parfois non renouvelable »

Présentée par M. Gienne ZUPPI / Conférencier d'honneur

Directeur de l'Institut de géologie environnementale et de géo ingénierie (Italie)

L'objectif de cette présentation était d'étudier les autres sources de salinisation d'origine continentale qui affecte les systèmes aquifères transfrontaliers. Les eaux souterraines de ces nappes sont généralement non renouvelables, ce qui peut être à l'origine de conflits et créer des tensions entre les pays riverains qui partagent les aquifères. Dans le cas des aquifères africains, les recherches scientifiques ont permis de déterminer l'origine paléo-climatique et paléo-environnementale de la salinité grâce aux techniques isotopiques, principalement le traçage au carbone 14.

Par exemple, dans le Sahara, les études ont montré que la pollution n'est pas toujours artificielle. Des teneurs élevées en nitrates dans les eaux souterraines sahariennes trouvent leur origine dans l'histoire géologique et paléontologique plutôt que dans l'intrusion marine.

Néanmoins, il est fondamental d'étudier les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines pour optimiser la gestion durable des aquifères transfrontaliers et prévenir les conflits. La caractérisation détaillée des systèmes aquifères côtiers permet de mieux comprendre leur fonctionnement et permet à terme de prévenir la salinisation.

Etude de cas

« Recherches sur la recharge, la salinisation et le temps d'adaptation de l'eau dans le système aquifère côtier de Souss-Massa (Sud-Ouest du Maroc) »

Présentée par M. Lhoucine BOUCHAOU

Directeur du Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo Environnement, Enseignant-chercheur à l'Université ibn zohr, Faculté des sciences, Agadir (Maroc)

Le problème de la qualité des ressources en eaux souterraines se pose avec acuité au niveau du système aquifère du Souss-Massa, qui subit une grande pression due à la surexploitation et l'intrusion marine. Cette région constitue un important pôle économique, notamment pour les secteurs de l'agriculture, du tourisme et des pêches

maritimes. L'irrigation mobilise près de 94% des ressources. Caractérisée par un climat aride à semi-aride, une surexploitation et une détérioration de la qualité des eaux, cette région fait face à un sérieux problème de gestion durable des ressources en eau. Dans les zones côtières, les taux de salinisation sont très élevés, dépassant 4 g/l. Les origines de la salinité sont diverses, telles que la dissolution des évaporites, l'intrusion de l'eau de mer et l'irrigation. De plus, l'intensification des activités agricoles a entraîné une contamination des eaux par les nitrates, les pesticides et les rejets toxiques. Ainsi, le retour à l'irrigation conjugué à l'intrusion de l'eau de mer met en péril la pérennité du potentiel hydrique de la région.

L'utilisation des traceurs isotopiques et chimiques est un outil performant pour étudier qualitativement les eaux, en particulier en milieu aride, au niveau des aquifères côtiers et sur des zones non équipées. Ces traceurs permettent donc de suivre l'évolution des aquifères côtiers afin d'optimiser la gestion des ressources et de limiter l'impact de la salinisation. Au niveau du système aquifère côtier de Souss-Massa, les résultats obtenus par traceurs :

- Indiquent que l'eau géothermale de ce bassin est caractérisée par une concentration en radium relativement élevée ;
- Ne montrent aucune relation forte entre les activités en radium et la salinisation ;
- Prouvent que la salinisation des ressources en eau de cette région est aussi associée à des concentrations en métaux trace toxiques.

Etude de cas

« Les ressources en eau en Mauritanie : le champ captant d'Idini alimentant la ville de Nouakchott »

Présentée par M. Bassirou DIAGANA

Hydrogéologue, Expert Agréé en Ressources en Eau et en Environnement (Mauritanie)

Cette présentation portant sur la Mauritanie, pays qui ne fait pas partie du bassin méditerranéen, avait pour but de partager les expériences en matière de gestion des ressources en eau.

La recharge des aquifères à partir des eaux de surface est très importante pour le développement durable du pays, d'où la nécessité de connaître l'état de ces eaux de surface afin de mieux les gérer et optimiser leur utilisation et de préserver l'équilibre des écosystèmes. Quant aux eaux souterraines, deux grands types d'aquifères sont exploités principalement en Mauritanie.

Dans le cas de la nappe d'Idini, à une cinquantaine de kilomètres de Nouakchott, les résultats d'analyses chimiques des échantillons d'eau prélevés sur les forages (47 forages d'exploitation) et le château d'eau, de 2004 à 2009, montrent, en général, une diminution relative de la minéralisation. Dans certains forages, des taux élevés de minéraux ont été enregistrés in situ, dus essentiellement à la surexploitation. L'intrusion marine reste cependant limitée au niveau de la zone Idini, qui présente une évolution quantitative et qualitative très rassurante malgré l'accroissement de la production au cours de ces dernières années. Ainsi, le champ captant d'Idini demeure une zone d'exploitation sûre, avec une bonne eau.

Afin de mieux comprendre le phénomène du front salé et chercher l'origine de l'augmentation de la minéralisation au niveau de certains forages, il est nécessaire d'étendre le suivi piézométrique des zones à potentiel de recharges aux zones d'exploitation et de réaliser des couples de piézomètres sur les aquifères phréatiques et subphréatiques afin d'étudier leur interaction.

DEBAT ET DISCUSSIONS

Au terme de la troisième session de ce séminaire les participants ont soulevé un certain nombre de questions relatives aux techniques d'échantillonnage les plus appropriées dans la détermination de l'origine de la salinisation dans les aquifères côtiers, notamment celle de l'intrusion marine. Des échantillonnages en profondeur ou de profil ainsi que des échantillonnages à différentes distances par rapport à la mer est importante pour étudier la variation des concentrations dans les eaux profondes des nappes et au niveau de l'interface des eaux et pour mesurer l'extension de l'intrusion marine vers le continent.

Dans le même sens, les participants ont mis l'accent sur l'utilisation des traceurs isotopiques pour déterminer l'origine de la salinité, citant un exemple de coopération développée par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), organisme spécialisé de l'Organisation des Nations Unies (ONU), qui vise à apporter une assistance technique pour l'utilisation des traceurs isotopiques (tels que Oxygène 18, Radium, Carbone 14, Brome, Hélium 3, Strontium). Cependant, les études isotopiques ainsi que les modèles et les études chimiques souffrent de la mauvaise connaissance de la géométrie de l'aquifère.

Il a été également soulevé le problème des aquifères partagés. En effet, le Maroc a lancé un processus de régionalisation du pays et il sera ainsi conforté à des nouveaux problèmes liés à la gestion des eaux partagées avec plusieurs régions à l'échelle nationale.

Enfin, il a été rappelé qu'avant de passer à la modélisation, il est nécessaire d'effectuer des travaux de terrain, en particulier au niveau de la piézométrie, permettant de déterminer par exemple les zones de recharge et les bilans « *input/output* ».

2. LES RECOMMANDATIONS

Au terme du séminaire, plusieurs recommandations ont été formulées sur la base des principaux résultats et conclusions des études et travaux présentés ainsi que des discussions constructives qui s'en sont suivies.



1/ L'apport de la modélisation pour l'aide à la décision dans la gestion durable des aquifères côtiers et la nécessité d'une expertise multidisciplinaire dans la réalisation, l'interprétation et l'utilisation de la modélisation, en particulier :

- Une expertise physique des processus ;
- Une expertise mathématique pour la validation des outils et des méthodes numériques ;
- Une expertise géologique et hydrogéologique pour la validation des modèles conceptuels, par exemple, avant de passer à la modélisation numérique ;
- Les étapes de validation et vérification par rapport à l'historiques en fonction des données disponibles ;
- La possibilité d'utilisation des différents modèles pour établir des scénarios plausibles de gestion de cette ressource.

2/ L'importance des données et de l'accès à l'information :

- La disponibilité de différents types de données nécessaires à l'étude de l'évolution des aquifères côtiers ;
- L'accès libre des chercheurs, des spécialistes et des gestionnaires à toutes les données dont ils auraient besoin ;

- La mise en forme, la vérification et la spatialisation des données dans des systèmes d'information géographique pour que l'utilisation soit la plus fiable possible ;
- Un investissement pour effectuer les mesures de terrain (*monitoring*) nécessaires et améliorer la densité des données (multiplication des points d'observation et de prise de mesures), pour obtenir des données fiables et utilisables ;
- Le développement de nouvelles techniques d'échantillonnage et de mesure des paramètres des bassins hydriques et des aquifères d'eaux souterraines (telles que la télédétection, le traçage isotopique, la dissolution/précipitation, l'échange cationique et le transport de minéraux) ;
- La création d'observatoires nationaux et régionaux de données hydro-géo-climatiques ;
- L'appropriation des méthodes de changement d'échelles (*downscaling et upscaling*), d'extrapolation et d'interpolation pour que la spatialisation soit représentative de la réalité.

3/ L'intégration de la variabilité et du changement climatique dans les scénarios de gestion des nappes côtières :

- Le développement de scénarios de changement climatique qui doivent être considérés et intégrés dans la préparation des scénarios de gestion des ressources en eau.

4/ La démarche participative active de toutes les parties prenantes et acteurs, et au niveau de toutes les phases :

- Une concertation et participation de tous les intervenants au niveau local (y compris les communautés) dans la conception, la formulation et la mise en œuvre des projets de développement et de planification ;
- L'élaboration de contrats de nappes, qui permettent, entre autre, d'asseoir la démarche participative ;
- La mise en place de dispositifs juridiques nécessaires pour accompagner cette démarche participative relative à la gouvernance de l'eau.

5/ Le renforcement du cadre légal de la gestion durable des aquifères côtiers et la gouvernance de l'eau :

- La refonte et la révision des textes législatifs ;
- La mise en place de nouveaux dispositifs pour sauvegarder les bassins hydriques et les ressources en eaux souterraines contre la surexploitation, la dégradation de la qualité des eaux et la pollution ;

- La mise en place de dispositifs institutionnels chargés de l'application des lois au niveau des bassins hydriques (tels qu'une police de l'eau, des mesures répressives, des structures de proximité, une surveillance des périmètres hydriques et la lutte contre les pompages clandestins).

6/ La sensibilisation des usagers de l'eau et des différents acteurs et décideurs sur l'importance de la prévention des ressources en eau :

- Des campagnes de sensibilisation sur les risques et les enjeux, auxquels seront confrontées les nappes côtières dans les prochaines décennies, et sur la prévention.

7/ Le développement de la coopération internationale, régionale et nationale dans le domaine de la gestion durable des aquifères côtiers :

- La prévention des conflits dans les aquifères transfrontaliers et prise en compte de ces conflits et tensions potentiels dans les scénarios de gestion afin de les éviter ;
- L'échange des savoir-faires et des connaissances.

8/ Le partage d'expériences et de connaissances et le renforcement des capacités régionales, nationales et locales

9/ L'amélioration de la gestion des aquifères côtiers :

- L'encouragement des expériences de recharge artificielle des nappes pour lutter contre l'invasion marine, à la fois avec les eaux conventionnelles et non conventionnelles, telles que l'utilisation de l'énorme potentialité des eaux usées après traitement adéquat.

10/ Le rôle des médias :

- Implication des médias dans la sensibilisation et la responsabilisation de la population dans le but de changer les comportements vis-à-vis de l'eau.

RECOMMENDATIONS

At the end of this two-day seminar, the following set of key recommendations was drawn up from the main conclusions of the presented case studies and from the constructive debates.



1/ The modeling contribution to the decision-making related to sustainable management of costal aquifers and the need of multidisciplinary expertise in the modeling, interpretation and use, particularly :

- The expertise in physical processes;
- The mathematical expertise in order to validate the numerical tools and methods;
- The geological and hydrogeological expertise in order to validate conceptual models, for example, before initiating numerical modeling;
- The validation and verification steps related to the historical information depending on available data;
- The possibility to use different models in order to establish plausible management scenarios of coastal aquifers.

2/ The importance of data and the access to the available information :

- The availability of different data categories, necessary to evaluate the evolution of costal aquifers;
- The free access to researchers, specialists and managers to all the available data needed;

- The development, verification and spatialization of data in a geographic information system for a reliable use;
- The investment to realize field measurements (monitoring) and improve the data density (multiplication of the observation points and measurements) in order to obtain reliable and usable data;
- The development of new sample and measurement technologies of river basins and groundwater aquifers (such as teledetection, isotopic tracer, dissolution/precipitation, cation exchange and minerals transport);
- The creation of regional and national observatory centers to record hydro-geo-climatic data;
- The appropriation of downscaling and upscaling extrapolation and interpolation methods so that the spatialization is representative of the reality.

3/ The integration of climate variability and change in costal aquifer management scenarios :

- The development of climate change scenarios which have to be considered and integrated into the water resources management scenarios.

4/ Active participatory approach of all stakeholders and actors at all the steps:

- The collaboration and participation of all stakeholders at the local scale (including communities) in the conception, formulation and implementation of development and projects planning;
- The elaboration of aquifer management contracts (or “contrat de nappe” in French) which allow to ensure the participatory approach;
- The setting up a judicial purview to reinforce this participative approach related to water governance.

5/ Legal framework reinforcement regarding the coastal aquifers sustainable management and water governance :

- The recasting and revision of the legislative wording ;
- The development of new devices to safeguard the river basins and groundwater resources against overexploitation, pollution and water quality degradation ;

- The development of a judicial purview in charge of laws application regarding river basins (such as a police of water, repressive actions, proximity structures, hydric boundary monitoring and fight against clandestine pumping).

6/ The awareness of water users, different actors and decision makers on the importance of water resources prevention and protection :

- The awareness campaigns on the risks and issues, to which coastal aquifers will be confronted in the next decades.

7/ Increase the international, regional and national cooperation regarding sustainable management of the coastal aquifers :

- The conflicts prevention regarding transboundary aquifers and consideration of these conflicts and political tensions in the management scenarios ;
- The exchange of specialized expertises and knowledge.

8/ The exchange of experience and the reinforcement of regional, national and local capacity building.

9/ The improvement of coastal aquifers management :

- The support the experiments of artificial groundwater recharge with conventional and non conventional water (e.g. treated wastewater) to fight against the marine intrusion.

10/ The role of media :

- The media involvement into the awareness and responsabilization of the population in order to change behaviors related to water management.

PARTIE 3

ANNEXES

MERCREDI 30 JUIN 2010	
08H30 - 09H00	Accueil - Inscription des participants / <i>Registration</i>
09H00 - 09H30	Cérémonie d'ouverture / <i>Opening Ceremony</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Allocution du Secrétariat d'État chargé de l'Eau et de l'Environnement</i> • <i>Allocution du Représentant de l'UNESCO au Maghreb</i>
09h30 – 10h30	Francesco RIZZO (PDF) UNESCO – Paris / Coastal Aquifers and Groundwater (MED-MAP).
	Abdessalam ZIYAD (PDF) Chargé de la Division Planification et Gestion (Maroc) / Stratégie du secteur de l'eau et sauvegarde des ressources en eau souterraine.
10h30 – 11h00	Pause café / <i>Coffee break</i>
SESSION I : Session Technique / <i>Technical session</i>	
11H00- 13H00	Présidente de séance / Chair : Rachida BOUHLILA (Tunisie) <ul style="list-style-type: none"> • Conférencier d'honneur / Keynote Speaker : Driss OUAZAR (Maroc) (PDF) : An integrated platform aimed to decision making for water resources issues focus on coastal aquifers (30mn) Etude de cas : <ul style="list-style-type: none"> • Nour Eddine SERGHINI (Maroc) (PDF) : Contrat de nappe pour la protection de la nappe de Mnasra (20min) • Rachida LYAZIDI (Maroc) (PDF) : Aquifères côtiers du Maroc, contraintes et stratégie de gestion des ressources en eau (20min) DEBAT / DISCUSSION

MERCREDI 30 JUIN 2010 (suite)

13H00- 14H30	Déjeuner / Lunch
14H30 - 16H00	<p>Président de séance / Chair : Abdelaziz ZEROUALI (Maroc)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conférencier d'honneur / Keynote Speaker : Rachida BOUHLILA (Tunisie) (PDF): Soil and groundwater salinisation in the coastal irrigated plain of Korba, North-Est of Tunisia : Field investigations and models (30min) <p>Etudes de cas / Case study :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fakhri khalifa SALIM (Libye) (PDF) : Impact of Climate Change on Seawater Intrusion in Tripoli (20min) • Abdelkader LARABI (Maroc) (PDF) : Approche Méthodologique pour la Modélisation de l’Intrusion Marine dans les Nappes Côtières: Cas du Maghreb (20min) <p>DEBAT / DISCUSSION</p>
16H00 - 18H00	Visite de la station de traitement des eaux du Bouregreg à Akrach - ONEP / Bouregreg water treatment station visit at Akrach - ONEP
18H00 - 18H30	Cocktail dinatoire offert par l’ONEP / Cocktail offered by the ONEP

JEUDI 1^{er} JUILLET 2010

Session 2 : Session Technique / Technical session

09H00 - 09H30

Président de séance / Chair : **Emad ADLY** (Egypte)

- Conférencier d'honneur / Keynote Speaker : **Khalid QAHMAN** (Palestine) ([PDF](#)) : Optimal and sustainable extraction of groundwater in Gaza Coastal Aquifer (30min)

Etudes de cas / Case study :

- **DiaEIDin EIQUOUSY** (Egypte) ([PDF](#)) : Importance of Coastal Aquifers in Egypt (20min)
- **Namira PAAZA ELAMRANI** (Maroc) ([PDF](#)) : Caractérisation hydrogéologique des aquifères côtiers méditerranéens pour une meilleure gestion : Apport de la modélisation et évaluation de la vulnérabilité (20min)
- **Mohamed SINAN** (Maroc) ([PDF](#)) : Modélisation de la nappe de Foum EL Oued et analyse des modalités de sa recharge artificielle et des processus de sa pollution (20min)

DEBAT / DISCUSSION

11h00 – 11h30 :

Pause café/ *Coffee break*

Session 2 : Session Technique (suite) / Technical session (continuation)

11H30 - 13H00

Président de séance / Chair : **Fakhri khalifa SALIM** (Libye)

- Conférencier d'honneur / Keynote Speaker : **Emad ADLY** (Egypte) ([PDF](#)) : The role of civil society in capacity building for communities threatened by the effects of climate change on aquifers (30min)

Etudes de cas / Case study :

- **Ma'moon ISMAIL** (Jordanie) ([PDF](#)) : Climate changes and it is potential impacts on Jordan's water Resources (20min)

JEUDI 1^{er} JUILLET 2010 (suite)

- **Ayman RABI** (Palestine) ([PDF](#)) : Resilience of People and Agriculture Under Expected Impact of Climate Change in Arid and Semi Arid Areas: Case Studies from Palestine (20min)
- **Hocine HAZMOUNE** (Algérie) ([PDF](#)) : Impact des changements climatiques sur les ressources en eau de la région nord est de l'Algérie (20min)

DEBAT / DISCUSSION

13H00 - 14H30 Déjeuner / Lunch

Session 3 : Session Technique / Technical session

14H30 - 16H00

Président de séance / Chair : **Ma'moon ISMAIL** (Jordanie)

- Conférenciers d'honneur / Keynote Speaker : **Giemme ZUPPI** (Italie) ([PDF](#)) : Transboundary aquifers: managing a vital, and sometimes, a non-renewable resource (30min)

Etudes de cas / Case study :

- **Lhoussaine BOUCHAOU** (Maroc) ([PDF](#)) : Investigation of recharge, salinization, and residence time of water in the souss-massa coastal aquifer, southwest of Morocco (20min)
- **Bassirou DIAGANA** (Mauritanie) ([PDF](#)) : Les ressources en eau en Mauritanie : le champ captant d'Idini alimentant la ville de Nouakchott capitale de Mauritanie (20min)

DEBAT / DISCUSSION

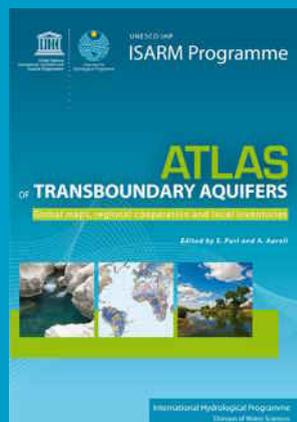
16H00 - 16H30 *Recommandations et Clôture / Recommendations and closing*

16h30 – 16h45 *Clôture / Closure al session (continu*

L'ISARM DE L'UNESCO-PHI PUBLIE UN ATLAS DES AQUIFÈRES TRANSFRONTALIERS

Le programme ISARM de l'UNESCO-PHI (Gestion des ressources aquifères partagées) a produit "l'Atlas des aquifères transfrontaliers" cartes mondiales, coopération régionale et stocks locaux ». Cet atlas a été présenté à la Semaine mondiale de l'eau 2009 à Stockholm et est maintenant disponible en ligne.

Une vision globale des initiatives régionales et locales: depuis sa création en 2000, l'ISARM a lancé un certain nombre d'initiatives mondiales et régionales. Plus de 200 aquifères transfrontaliers ont été identifiés. Des inventaires entrepris dans les Amériques, en Asie, en Afrique, en Europe du Sud Est, en Asie centrale et Caucase et au Moyen-Orient, ont déjà été publiés séparément. Cet atlas présente une compilation des données disponibles.



Une connaissance commune pour la gestion partagée: ces dernières années, la sécurité de l'eau pour les personnes et l'environnement naturel a pris une place centrale dans une grande partie du dialogue sur la politique internationale. La coordination entre les pays est indispensable pour une gestion durable des aquifères transfrontaliers. Cet atlas est destiné à être une référence précieuse qui permettra d'encourager la gestion rationnelle et durable des aquifères transfrontaliers.

DES COPIES DIGITALES PEUVENT ÊTRE DEMANDÉES À :

PROGRAMME HYDROLOGIQUE INTERNATIONAL (PHI)
UNESCO/DIVISION DES SCIENCES DE L'EAU (SC/HYD)
1 RUE MIOLLIS
75732 PARIS CEDEX 15
FRANCE
TEL: (+33) 1 45 68 39 11/40 99
FAX: (+33) 1 45 68 58 11
EMAIL : r.wright@unesco.org or m.rubio@unesco.org