Les Cahiers du Plan Bleu 10

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE SECTEUR DE L'EAU EN MÉDITERRANÉE : SITUATION ET PERSPECTIVES

Stéphane Simonet

PLAN BLEU
Centre d'activités régionales du PNUE/PAM

Septembre 2011

Les Cahiers du Plan Bleu 10

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE SECTEUR DE L'EAU EN MÉDITERRANÉE : SITUATION ET PERSPECTIVES

PLAN BLEU
Centre d'activités régionales du PNUE/PAM

Septembre 2011

Conception de la couverture : Plan Bleu

Photos © Florence Pintus, Jean-Charles Gros, La Tribune, Best of big picture

Mise en page : Mojicom Méditerranée

Notice légale
Les appellations employées dans le présent document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Plan Bleu aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, régions ou villes, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Droits de copyright
Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Le Plan Bleu serait reconnaissant d'avoir un exemplaire de toutes les publications qui ont utilisé ce matériel comme source. Il n'est pas possible d'utiliser la présente publication pour la revente ou à toutes autres fins commerciales sans demander au préalable par écrit la permission au Plan Bleu.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit :
Plan Bleu : *Adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en Méditerranée : situation et perspectives.* Plan Bleu, Valbonne 2011. (Les Cahiers du Plan Bleu 10).
Document original en français, traduit en anglais sous le titre :
Adapting to climate change in the water sector in the Mediterranean: situation and prospects

ISBN : 978-2-912081-28-5

Imprimé sur les presses numériques FAC COPIES
Papier Cyclus Offset 140 g et 250 g

© 2011 Plan Bleu

plan bleu

Centre d'activités régionales du PNUE/PAM
15, rue Beethoven, Sophia Antipolis
06560 Valbonne
France
www.planbleu.org

TABLE DES MATIÈRES

Introduction **7**

Contexte et enjeux 7

Objectif de l'étude 8

Périmètre de l'étude et méthodologie 8

L'adaptation du secteur de l'eau : éléments de cadrage **11**

Les concepts de vulnérabilité et de risque 11

Définir l'adaptation 12

Quelles implications pour la gestion de l'eau ? 15

Vers un changement de paradigme ? 19

Analyse comparée des efforts d'adaptation dans le secteur de l'eau : cas de 7 pays méditerranéens 25

Cadre de réference et d'analyse 25

Politiques et stratégies nationales d'adaptation relatives à l'eau 25

Adaptation du cadre institutionnel 32

Mesures législatives et réglementaires 35

Les instruments économiques de l'adaptation 36

Systèmes d'information et de gestion des connaissances 41

Mesures techniques d'adaptation 43

Essai de typologie selon le niveau de prise en compte de l'adaptation 49

Conclusions 49

Conclusions et recommandations **52**

Annexe : Grille d'analyse et de "benchmarking" 54

1 / Contexte et objectif 54

2 / Cadre de référence 54

3 / Grille d'analyse 56

Liste des acronymes 57

Bibliographie 58

Liste des illustrations 64

Remerciements

Publication réalisée sous la direction d'Henri-Luc Thibault, directeur du Plan Bleu.

Auteur
Ce cahier a été élaboré à partir d'une étude réalisée par Stéphane Simonet.

Experts qui ont contribué à la réalisation de l'étude : Sara Fernandez et Julie Fabre (Plan Bleu)

Comité de lecture
Pierre Icard, Gaëlle Thivet, Marion Briens et Sara Fernandez (Plan Bleu)

Réalisation
Bibliographie et documentation : Hélène Rousseaux
Conception graphique et réalisation : Mojicom Méditerranée

L'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, le Ministère français de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement et le Partenariat mondial pour l'eau en Méditerranée (*Global Water Partnership-Med)* ont soutenu la réalisation de ce rapport.

Les analyses et les conclusions de ce rapport ne reflètent pas nécessairement le point de vue officiel de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, du Ministère français de l'cologie, du développement durable, des transports et du logement, et du Partenariat mondial pour l'eau en Méditerranée

Introduction

Contexte et enjeux

Les ressources en eau dans le bassin méditerranéen se caractérisent par l'irrégularité de leur répartition, dans l'espace et dans le temps. 85 % des ressources renouvelables de l'ensemble du bassin méditerranéen[1] qui s'élèvent à 600 km³/an, sont concentrées en Turquie et dans les pays du Nord de la Méditerranée (Benoit et Comeau 2005).

Selon l'indicateur de Falkenmark, la plupart des pays des rives Sud et Est de la Méditerranée sont en situation de "pénurie chronique" avec moins de 1000 m³/hab./an. Certains d'entre eux disposent de moins de 500 m³/hab./an, correspondant à une situation de "pénurie absolue" (Algérie, Tunisie, Libye, Israël, Gaza, Malte). Le caractère limité des ressources en eau nationales se traduit en particulier par des niveaux d'importation de produits agricoles élevés (importation d'eau virtuelle).

Les tensions significatives sur les ressources en eau dans ces pays peuvent aussi être illustrées par l'indice d'exploitation des ressources renouvelables qui correspond au rapport entre les prélèvements totaux et les ressources renouvelables (Tableau 1).

Ces tendances devraient encore s'aggraver à l'avenir sous les effets conjugués de l'augmentation des demandes en eau et des impacts du changement climatique. En effet, le 4ème rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est sans équivoque : le bassin méditerranéen figurera au cours du 21ème siècle au rang des régions les plus sévèrement touchées par les changements climatiques. D'ici 2100, le climat de la région devrait connaître une hausse de la température moyenne de 2 à 4°C, une baisse de la pluviométrie de 4 à 30 % et une élévation du niveau de la mer de l'ordre de 18 à 59 cm (GIEC, 2007 ; Plan Bleu, 2008).

Les pays méditerranéens apparaissent donc particulièrement vulnérables aux conséquences du changement climatique sur les ressources en eau et leurs usages, en raison notamment d'une dégradation croissante de ces ressources (surexploitation, pollution, salinisation, diminution de la pluviométrie) et d'un accroissement des demandes dans les secteurs agricole, urbain et énergétique.

Selon le scénario tendanciel du Plan Bleu publié en 2005, les demandes en eau de la région devraient continuer à croître pour s'élever à 330 km³/an en 2025. Ce scénario ne prenait pas en compte les effets du changement climatique sur les ressources ou les demandes en eau, en particulier énergétiques et agricoles (Plan Bleu, 2009). Par ailleurs, la plupart des scénarios climatiques s'accordent sur une baisse de la pluviométrie moyenne qui se traduirait par une réduction des ressources en eau disponibles pouvant aller jusqu'à un facteur 4 dans certains pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (PSEM) (Banque Mondiale, 2008).

La plupart des travaux sur le changement climatique dans la région méditerranéenne s'accordent aussi sur une augmentation de la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, entrainant une multiplication et une intensification des évènements extrêmes (inondations, canicules, sécheresses…) et des risques associés en termes de pertes économiques et de vies humaines.

Tableau 1 : Part relative des prélèvements anthropiques en Méditerranée et pression sur la ressource en eau

Zones	Prélèvements totaux (Km³/an)	Prélèvements par secteur en volume et en % des prélèvements totaux						Indice d'exploitation des ressources renouvelables (%)
		Eau potable		Irrigation		Industrie et énergie		
		Km³/an	%	Km³ /an	%	Km³ /an	%	
Nord	137,7	22,3	17%	57,7	45%	47.7	38%	19%
Est	54,3	8,7	14%	47	78%	4.7	8%	25%
Sud	97,3	7,9	9%	76,6	83%	8.3	9%	104%
Total	289,3	38,9	14%	181,3	65%	60. 7	22%	27%

De telles évolutions risquent ainsi d'avoir de lourdes conséquences sur les plans environnemental, économique et géopolitique, en particulier dans les PSEM. A travers la problématique de l'eau, c'est donc la viabilité et la pertinence des politiques et des trajectoires de développement qui se trouvent mises en question.

1. Ensemble des bassins versants méditerranéens des pays riverains de la Méditerranée

En effet, les pays méditerranéens ont une tradition séculaire de la gestion des aléas et de la pénurie caractérisée par un souci constant d'optimisation de l'usage des ressources et d'adaptation des activités aux contraintes du climat. Néanmoins, bon nombre de pays se trouvent aujourd'hui face à des enjeux dont l'ampleur demande aussi de revisiter les modes de gestion de l'eau et les stratégies de parade contre les risques, afin de réduire la vulnérabilité, sur les court, moyen et long termes. S'adapter aux effets du changement climatique sur les ressources en eau nécessitera des ajustements techniques, politiques, institutionnels et comportementaux à mettre en œuvre de manière dynamique. Ces ajustements feront appel à un large éventail de mesures d'ordre structurel (construction de nouveaux ouvrages, réutilisation des eaux usées, entretien des réseaux urbains…) et non-structurel (planification territoriale, politiques fiscales et économiques pour une meilleure gestion de la demande, systèmes d'assurances contre les risques naturels…) à déployer aux différentes échelles de l'action publique (locale, nationale, régionale).

A cette fin, la coopération régionale méditerranéenne a un rôle déterminant à jouer afin de mutualiser les connaissances et les savoir-faire, d'accélérer les transferts technologiques en direction des pays les plus vulnérables et de mobiliser les financements nécessaires aux mutations actuelles et futures du secteur de l'eau.

Objectifs de l'étude

Inscrite dans le programme d'activités du Plan Bleu sur la gestion de la demande en eau et la prospective climatique régionale, l'étude visait à :

- Recenser et analyser les mesures d'adaptation d'ordre technique, réglementaire, institutionnel, économique et de gouvernance et, dans la mesure du possible, rendre compte des progrès réalisés par les pays étudiés dans ces différents domaines ;
- Dégager des pistes de réflexion afin de promouvoir l'adaptation de la gestion de l'eau en Méditerranée.

Périmètre de l'étude et méthodologie

Le champ de l'étude intègre les ressources en eau (superficielles et souterraines), les principaux usages et demandes en eau susceptibles d'être influencés directement ou indirectement par les modifications du cycle de l'eau (irrigation, eau potable et assainissement, industries et production d'énergie, gestion des grands ouvrages, services environnementaux…) ainsi que les instruments de gestion (cadres juridique et institutionnel, politiques et stratégies de gestion, instruments fiscaux et économiques, ouvrages et infrastructures d'exploitation...).

L'étude ne discute pas spécifiquement de la question de la gestion des impacts des dérèglements climatiques sur la qualité de l'eau. Ces impacts sont, cependant, en partie aussi liés aux impacts d'ordre quantitatif.

Compte tenu de la disponibilité des données, le champ de l'évaluation des stratégies d'adaptation s'est centré sur un groupe restreint de 7 pays représentatifs de la diversité des situations rencontrées à l'échelle du bassin méditerranéen en termes de gouvernance et de gestion de l'eau. Cet échantillon de pays « indicateurs » comprend l'Espagne, la France et l'Albanie pour la rive Nord, le Maroc, la Tunisie et l'Egypte pour la rive Sud, et la Turquie pour la rive Est.

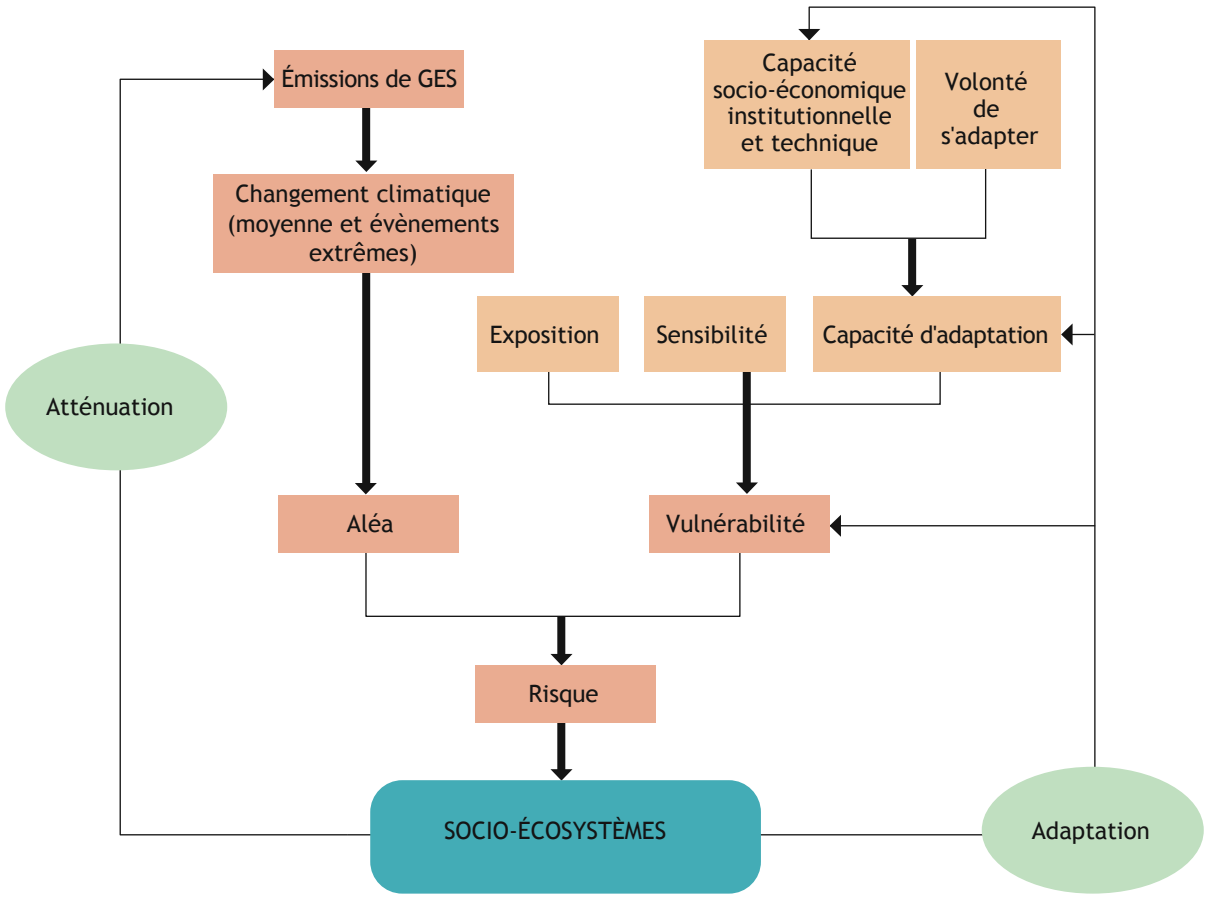
Cette étude s'est fondée sur :

- La collecte et l'analyse de la bibliographie disponible pour chacun des pays étudiés : les documents officiels tels que les Stratégies nationales d'adaptation, les Communications Nationales à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), ainsi que divers rapports et études émanant des gouvernements ou d'organisations internationales : Banque Mondiale, Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), Union européenne (UE)... ;
- La conduite d'entretiens ciblés avec un groupe restreint d'experts nationaux et régionaux permettant de recueillir des points de vue contrastés sur la question et d'enrichir l'analyse documentaire ;
- L'exploitation d'un questionnaire envoyé aux principaux partenaires du Plan Bleu dans les pays méditerranéens (points focaux, experts nationaux et organisations internationales).

Autant que possible, l'analyse s'est fondée sur la quantification et la comparaison des situations observées au niveau national, à partir d'une typologie des mesures d'adaptation et de méthodes semi-qualitatives de « benchmarking » ou parangonnage.
L'objectif de l'exercice était de proposer une lecture croisée des situations nationales. Compte-tenu des limites de l'exercice, il ne prétend pas établir de classification entre les pays.

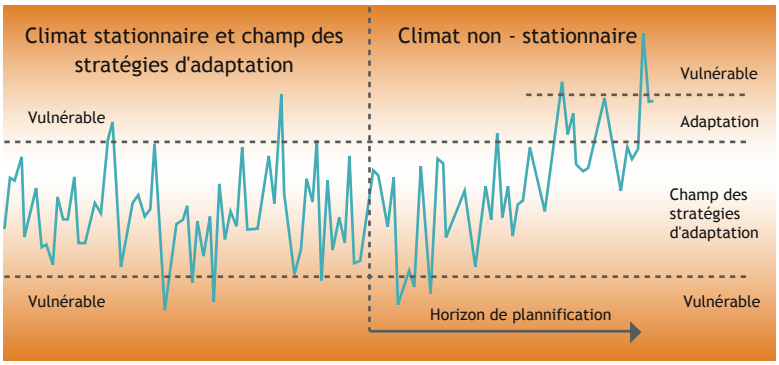
Ce rapport propose un éclairage sur l'état des stratégies et mesures d'adaptation mises en œuvre dans le secteur de l'eau en Méditerranée. La conclusion met l'accent sur les messages clefs et les recommandations pour la promotion de l'adaptation du secteur de l'eau et sur le rôle de la coopération régionale.

Figure 1 : Relation entre vulnérabilité, risques et adaptation



(Source : modifié d'après European Environment Agency, 2008)

Figure 2 : Représentation schématique de la relation entre domaine de tolérance des éco-socio-systèmes aux variations hydrologiques, vulnérabilité, risque et adaptation



(Source: IPCC, 2007)

L'adaptation du secteur de l'eau : éléments de cadrage

Les concepts de vulnérabilité et de risque

Les notions de vulnérabilité et de risque sont centrales dans le concept d'adaptation. La Figure 1 illustre la relation entre ces différentes dimensions.

Le risque est généralement défini comme le produit entre la probabilité d'occurrence d'un phénomène climatique (aléa) et la conséquence de cet évènement qui dépend étroitement de la vulnérabilité du système naturel ou socio-économique affecté. Selon le GIEC (IPCC, 2007b), la vulnérabilité correspond au "degré par lequel un système risque d'être affecté négativement par les effets des changements climatiques sans pouvoir y faire face, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes". La vulnérabilité résulte de la combinaison de trois facteurs qui sont (I) l'exposition du système aux impacts et aléas climatiques (nature et ampleur des perturbations climatiques), (II) sa sensibilité (dommages potentiels) et (III) sa capacité d'adaptation (capacité d'ajustement du système pour faire face aux conséquences des perturbations).

La vulnérabilité d'une activité économique, d'un usage ou plus généralement d'une population est d'autant plus forte que sa sensibilité et son exposition sont élevées et que sa capacité d'adaptation est faible. Ainsi, dans le cas d'un épisode pluvieux exceptionnel engendrant une crue majeure, la vulnérabilité d'un territoire sera fonction :

- de son degré d'exposition physique au phénomène de débordement (aléa),
- de ses caractéristiques socio-économiques qui vont déterminer la sensibilité à l'aléa, c'est-à-dire la nature des enjeux affectés par la crue (tels que le nombre d'habitants, la valeur du patrimoine immobilier et des actifs économiques, …) et le niveau des dommages matériels et humains en résultant,
- de sa capacité d'adaptation, en d'autres termes de son aptitude à faire face à la crue et à concevoir et déployer des réponses visant à réduire les dommages : systèmes de vigilance et d'alerte précoce, accès aux secours, retours d'expérience, plans de prévention des risques, etc.

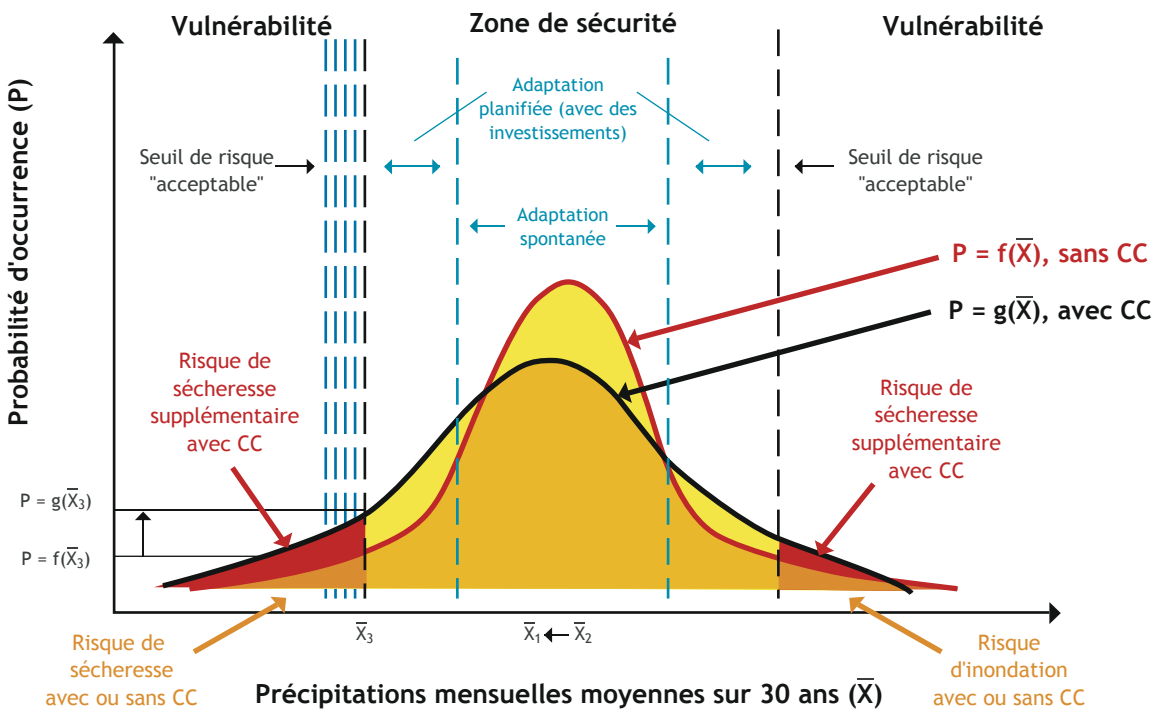
Les notions de risque et de vulnérabilité ne sont pas des concepts nouveaux pour la recherche, ni pour les gestionnaires et les usagers de l'eau. Par le passé, les sociétés humaines ont déjà dû s'adapter à la variabilité du climat et à l'irrégularité intra et interannuelle des précipitations. En Méditerranée, l'histoire de la gestion de l'eau est avant tout celle de la gestion de la rareté et de l'aléa. En procédant de manière empirique, les Méditerranéens ont progressivement développé des réponses techniques, institutionnelles et sociales susceptibles de contenir les caprices du climat et de sécuriser les usages et les populations. Ces réponses et stratégies hydrauliques se sont cependant mises en place dans un contexte de relative stationnarité des conditions hydrologiques.

Comme le montre la Figure 2, les territoires, les usages ou encore les infrastructures hydrauliques ont tous un domaine de viabilité ("coping range") qui résulte d'un processus historique d'adaptation continue aux conditions climatiques les plus fréquemment rencontrées au fil du temps. Cet intervalle de tolérance aux variations du climat est délimité par des conditions aux limites (ou seuils "critiques") au-delà desquelles l'évolution des variables hydrologiques constitue un risque important pour la viabilité du système considéré et fait basculer celui-ci dans un état de vulnérabilité caractérisé par une altération importante de ses performances et par des dommages potentiellement élevés.

Dans un régime climatique stable (comme celui de l'ère préindustrielle), ces seuils sont généralement dépassés de manière exceptionnelle et ponctuelle. Dans un contexte de changement climatique, ceux-ci peuvent être dépassés de manière plus fréquente, plus intense voire même permanente et irréversible à plus long terme (Figure 3). C'est le cas par exemple des zones situées en bordure nord du Sahara pour lesquelles les modèles du GIEC suggèrent une tendance durable à l'assèchement.

Sur le moyen et long terme, au changement de la variabilité des conditions hydrologiques, s'ajoutera une évolution des valeurs moyennes, comme par exemple la baisse des précipitations et des débits moyens prévue dans bon nombre de pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée. Ces changements auront un effet particulièrement important sur la sécurité hydrique de ces pays. En prenant comme

Figure 3 : Effet du changement climatique (CC) sur la fonction de probabilité d'une variable hydrologique (ici la pluviométrie mensuelle moyenne, calculée sur une période de 30 ans) et ses conséquences en termes de sécurité hydrique



(Source : modifié d'après Kabat, 2009)

exemple les précipitations moyennes mensuelles à un pas de temps et un territoire donnés, la Figure 3 illustre comment le changement climatique, en modifiant la fonction de répartition des probabilités d'occurrence d'une pluviométrie moyenne mensuelle donnée, augmente la fréquence statistique de certains évènements hydrologiques extrêmes (inondations ou sécheresses). Dans ces conditions, la probabilité et l'intensité du risque de sécheresse et d'inondation (en rouge sur la figure) s'en trouvent accrues. Il peut même arriver que la zone dite de "sécurité hydrique" historique diminue sous l'effet de certaines pressions anthropiques (augmentation de la demande en eau, pollution et surexploitation des ressources), abaissant encore davantage les seuils de tolérance aux perturbations hydrologiques ainsi que les marges de manœuvre pour y faire face. La situation peut devenir particulièrement critique lorsque des changements climatiques drastiques sont susceptibles de faire dériver les conditions pluviométriques moyennes au-delà des limites de l'intervalle.

D'une manière générale, le changement climatique se traduira probablement à la fois par une intensification des perturbations et des risques hydrologiques existants mais également par l'émergence de nouveaux types de risques jusqu'à présent inconnus ou rares : submersion marine, intrusion d'un biseau salé dans les nappes phréatiques côtières, phénomènes de crue torrentielle, risques liés à la fonte des glaciers alpins, etc.

Des efforts supplémentaires seront donc nécessaires afin d'accroître la résilience et d'augmenter les niveaux de risque maximum "acceptable" par les populations et les acteurs du secteur de l'eau. L'ampleur et le rythme des ajustements à mettre en œuvre dépendront en grande partie des horizons temporels considérés et de la probabilité avec laquelle les seuils de vulnérabilité sont susceptibles d'être atteints à ces différents horizons. C'est là tout l'enjeu de l'adaptation.

Définir l'adaptation

L'adaptation est définie par le GIEC comme *"un processus d'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs et à leurs effets, afin d'atténuer les risques qui en découlent ou d'exploiter des opportunités bénéfiques*[1]*"*.

L'adaptation correspond à l'ensemble des évolutions politiques, techniques, institutionnelles, sociétales et comportementales que les sociétés dans leur ensemble ou plus spécifiquement les acteurs d'un secteur devront conduire pour limiter les impacts négatifs ou tirer profit des opportunités engendrées

1. Il est important de souligner que dans le cas de la région méditerranéenne, l'impact net du changement climatique sur l'hydrologie et les ressources en eau sera très probablement négatif et que par conséquent, le champ des opportunités potentielles résultant des futures conditions hydrologiques s'avère particulièrement restreint (hormis peut-être le fait de stimuler la recherche et l'innovation technologique ou d'accélérer certaines réformes particulièrement cruciales pour le secteur de l'eau).

par l'évolution du climat qu'elle soit progressive, brutale, permanente ou ponctuelle. L'adaptation apparaît donc autant comme un état du système à un moment donné que comme le processus continu et dynamique par lequel ce système s'adapte (Magnan et al., 2009). Dans le secteur de l'eau en Méditerranée, peu de bénéfices du changement climatique sont à attendre. Les approches d'adaptation mises en œuvre chercheront donc principalement à anticiper et à limiter les dégâts éventuels. Pour ce faire, elles pourront chercher à réduire l'exposition au risque (construction d'une digue en zone inondable par exemple), à diminuer la sensibilité de certains enjeux à un aléa (changement d'usage ou modification de la valeur de certains actifs exposés au risque), à augmenter les capacités de réaction et d'action face aux conséquences (plans de secours) ou encore à se remettre plus rapidement et plus efficacement des dommages subis (assurances, fonds de solidarité nationale...).

Comme le montre la Figure 1, l'adaptation est une stratégie complémentaire de l'atténuation et correspond au deuxième axe d'une même démarche de gestion des risques climatiques. Si l'atténuation s'attache à réduire les causes du changement climatique, l'adaptation vise quant à elle à en contenir les effets à travers des actions permettant de réduire la vulnérabilité et d'accroître la résilience des éco-socio-systèmes aux perturbations et aux aléas qui ne pourront être évités.

En outre, l'adaptation n'est pas un concept figé et peut prendre différentes formes en fonction :

- *du caractère intentionnel et délibéré de l'action* : l'adaptation est alors dite "spontanée" (ou autonome) lorsqu'il s'agit d'un ajustement naturel des écosystèmes ou d'une action humaine immédiate et non réfléchie d'un point de vue stratégique. A l'inverse, elle est considérée comme "planifiée" lorsqu'elle résulte de décisions stratégiques délibérées, fondées sur une perception claire des changements en cours et à venir et des mesures nécessaires pour minimiser les risques potentiels ;
- *de la nature des agents et des acteurs* : l'adaptation est "publique" lorsqu'elle relève de politiques mises en œuvre par des acteurs de la gestion "intentionnelle" de l'eau ou "privée" lorsqu'elle est le fait d'agents individuels ou d'entreprises ;
- *de la temporalité de la décision* : on parle alors d'adaptation "par anticipation" ou "par réaction", c'est-à-dire avant (ex-ante) ou après (ex-post) la manifestation d'un aléa ou d'un stress climatique. La première forme est généralement à privilégier lorsque le coût de l'inaction est élevé et nécessite une action préventive forte (c'est le cas notamment des politiques de gestion de la demande en eau dans le secteur agricole) ;
- *du degré d'inertie et d'irréversibilité de l'action* (Dumas, 2006) : l'adaptation est qualifiée "d'inerte" lorsque qu'elle induit des actions dont les délais de mise en place sont élevés (modifications des systèmes de valeurs par exemple) ou "d'irréversible" lorsqu'il s'agit de mesures à la durée de vie importante dont le remplacement ne peut se faire de manière immédiate ou à faible coût.

Historiquement, certaines pratiques de gestion de l'eau se sont développées en réaction à des extrêmes hydrologiques ou à des crises (construction de digues, multiplication des forages ou pompages privés, etc.). Or, les coûts des actions réactives et autonomes peuvent s'avérer beaucoup plus élevés sur le long terme que ceux de mesures préventives et coordonnées. Un des enjeux de l'adaptation en général et de celle du secteur de l'eau en particulier, est donc d'assurer le passage d'une logique de réaction à court-terme à une gestion adaptative et préventive des risques sur le long terme (cf. Figure 4).

Afin d'assurer une telle transition, les acteurs de l'eau peuvent adopter différents types de stratégies et mesures d'adaptation. On distingue 6 grands types d'options stratégiques dans le domaine de l'eau, en fonction de la nature du risque considéré, de l'objectif poursuivi par les décideurs ou encore des contraintes techniques et institutionnelles susceptibles de limiter l'action (Burton, 1996 ; European Environment Agency 2007) :

- *Accepter les risques et les pertes*. C'est la stratégie consistant à « ne rien faire » et à accepter les dommages lorsque leur coût reste faible (terres agricoles maintenues dans des zones inondables) ou au contraire lorsque les mesures de protection s'avèrent techniquement ou financièrement rédhibitoires (cas de la perte de certaines nappes côtières du fait de l'élévation du niveau de la mer et du phénomène d'intrusion saline) ;
- *Répartir les pertes*. Ce type de mesures d'adaptation consiste à répartir les risques au sein de la société ou entre les acteurs du secteur. Cette stratégie de mutualisation et de transfert des risques et des pertes peut prendre la forme de mécanismes de solidarités nationales (par le biais de mesures d'assistance aux personnes

Tableau 2: Typologie des stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau

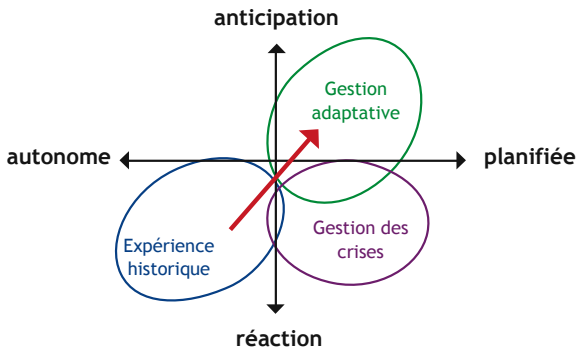
Type de stratégie	Exemples de mesures
A - Accepter les risques et les pertes (ne rien faire)	1. Disparition de certains aquifères côtiers, zones humides ou zones d'agriculture pluviale 2. Inondation ou émission de zones péri-fluviales à faibles enjeux
B - Répartir les risques et les pertes	1. Mise en place de systèmes d'assurances et d'instruments de mutualisation financière contre les risques hydrométéorologiques 2. Diversification des sources d'approvisionnement en eau potable
C - Prévenir les effets : technologies et infrastructures (Hard)	• Augmentation de la capacité des retenues • Augmentation des transferts interbassins • Mise en œuvre de programmes d'amélioration de l'efficience des usages • Développement de systèmes de réutilisation des eaux usées et de dessalement • Amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, des réseaux d'AEP et d'assainissement • Redimensionnement des infrastructures et des ouvrages (surévélation des barrages, réhaussement des digues, modification des infrastructures de transport fluvial, etc.) • Construction de bâtiments résistants aux inondations
D - Prévenir les effets : réponses politiques, réglementaires et institutionnelles (Soft)	• Plan de gestion de la sécheresse • Programme d'incitations financières à l'économie d'eau d'irrigation • Modifications des normes de dimensionnement et des règles de fonctionnement des ouvrages • Rationnement • Normes • Adoption de nouveaux modes de décision intégrant la gestion des incertitudes
E - Changer/Réorganiser les usages et les activités	• Réaffectation de la ressource vers des usages à plus forte valeur ajoutée • Introduction de cultures plus économes en eau ou résistantes à la sécheresse • Déplacement d'activités économiques et d'habitations en dehors de zones inondables
F - Recherche, valorisation de l'information climatique	• Amélioration des capacités de modélisation et de prévisions climatiques saisonnières, annuelles et décennales • Développement d'outils d'aide à la décision et amélioration des méthodes d'évaluation des risques au niveau des bassins et sousbassins (couplage modèles climato/hydro) • Définition des indicateurs pertinents de vulnérabilité et d'adaptation • Mise en place des systèmes d'alerte précoce • Production et mise à disposition facilitées de données climatiques auprès des décideurs, des services techniques et du grand public
G - Renforcement des capacités et éducation	• Elargissement des horizons de planification des décideurs • Renforcement des capacités techniques des professionnels du secteur en matière de gestion des risques majeurs • Sensibilisation et éducation citoyenne

(Source : modifié d'après Burton I. 1996; European Environment Agency 2007)

affectées), d'opérations de remise en état et de réparation des dommages ou encore de systèmes assurantiels ;

- *Prévenir les effets*. Une approche fréquemment utilisée comprend des mesures de prévention des effets et des impacts du changement et de la variabilité climatiques via la réduction de l'exposition et de la vulnérabilité des usages et des populations au moyen de mesures structurelles (technologies, infrastructures, …) et non structurelles (normes d'urbanisme, constitution de zones d'épanchement des crues, etc.) ;
- *Changer les usages et les activités*. Là où l'impact hydrologique du changement climatique rend la poursuite d'un usage impossible ou extrêmement aléatoire, on peut envisager de changer l'usage en question ;
- *Réorganiser les activités et les usages sur le territoire*. L'impact du changement climatique sur la répartition géographique des ressources ou des aléas peut nécessiter des politiques d'aménagement du territoire et de relocalisation d'activités et d'usages dans des zones moins vulnérables. C'est le cas de certains types de productions agricoles comme les cultures maraichères qui, en cas de raréfaction de la ressource, nécessitent un déplacement vers des régions mieux pourvues en eau, ou de la relocalisation de zones d'habitations afin de les mettre à l'abri de phénomènes de crues devenus plus intenses et plus fréquents.
- *Développer les capacités d'adaptation par l'amélioration des connaissances scientifiques, et l'évolution des comportements*. Le processus d'adaptation peut aussi être favorisé par la recherche, le développement des systèmes d'information et d'aide à la décision ainsi que l'éducation et les campagnes publiques d'information dans l'optique de faire évoluer les comportements.

Figure 4 : Evolution des paradigmes de la gestion de l'eau



Le Tableau 2 présente des exemples de mesures correspondant à chacune de ces stratégies. Celles-ci peuvent faire appel à des mesures d'adaptation d'ordre structurel (mesures techniques nécessitant de l'ingénierie et des investissements physiques, comme par exemple la construction d'une digue) ou non-structurel (mesures politiques ou institutionnelles comme la modification des normes réglementaires ou la mise en place d'un système d'assurance contre les inondations) comprenant des mesures de prévention, de résilience, de préparation, de réponse ou de redressement ("recovery"), selon leur degré d'anticipation du risque (UNECE, 2009).

En théorie, ces différentes options peuvent être mises en œuvre séparément mais dans les faits, une combinaison d'approches, mobilisant un portefeuille diversifié et intégré de mesures, est à privilégier. En outre, les différentes mesures d'adaptation à la disposition des décideurs n'ont pas toutes le même niveau de priorité ni de coût. Leur mise en œuvre dépendra donc des horizons d'occurrence et de l'ampleur des impacts à gérer.

Quelles implications pour la gestion de l'eau ?

L'adaptation n'apparaît pas totalement comme un objet nouveau pour la gestion de l'eau. La plupart des mesures présentées plus haut renvoient en effet à des types de réponses connues et développées antérieurement à l'avènement des enjeux liés au changement climatique. Il est donc important de s'interroger sur la spécificité du changement climatique et de l'adaptation par rapport aux politiques et pratiques existantes.

Le caractère inédit de l'adaptation ne réside pas tant dans la nature des mesures à mettre en œuvre que dans la manière dont les décisions sur ces mesures sont prises afin de tenir compte d'une nouvelle donnée fondamentale : une augmentation globale de la fréquence et de l'intensité des risques et une incertitude accrue sur leur amplitude et leur répartition temporelle et spatiale. Cet aspect demande de penser la gestion de l'eau de façon radicalement différente et pose de nouveaux défis conceptuels et opérationnels aux gestionnaires, défis qui sont de plusieurs ordres.

Tout d'abord, les stratégies hydrauliques actuelles, les politiques, les infrastructures ou les usages de l'eau reposent sur un postulat de stationnarité des conditions hydrologiques : elles supposent que les conditions hydroclimatiques actuelles seront reproduites dans le futur. Pourtant, l'hypothèse de stationnarité du climat apparaît de moins en moins valide (Milly et al., 2008). Le changement climatique est en effet un

processus dynamique et continu, susceptible de se traduire par un changement statistique dans une série chronologique dont les modalités peuvent se décliner de plusieurs façons comme illustré par la figure 5 (Préfecture de la Région Lorraine, 2008):

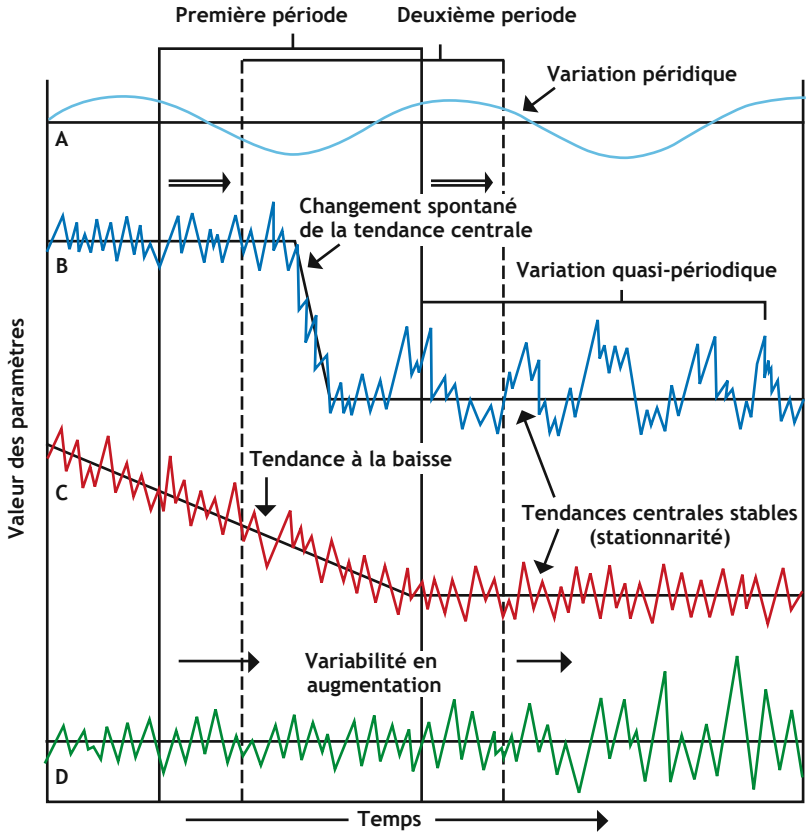
- Cas A : Absence de changement chronologique: phénomène marqué par une périodicité de basse fréquence autour d'une tendance centrale stationnaire.
- Cas B : Saut de moyenne ou rupture d'homogénéité de la tendance centrale puis changement de l'amplitude et de la périodicité des variations.
- Cas C : Dérive monotone dans une série chronologique suivie après rupture d'homogénéité de la tendance centrale d'une période stationnaire.
- Cas D : Amplification graduelle de la variabilité temporelle.

La connaissance du climat passé ne constitue donc plus une référence suffisante pour caractériser le climat à venir et orienter des choix de gestion. Il devient indispensable de réexaminer un certain nombre d'éléments considérés jusqu'ici comme acquis, et de réévaluer les modes d'aménagement et de mise en valeur de l'eau ainsi que les règles de dimensionnement des ouvrages dans un contexte hydrologique non stationnaire. Pour autant, il importe de ne pas perdre de vue que toute décision de gestion et d'adaptation devra être considérée comme une étape transitoire dans un processus de long terme.

A cette remise en question s'ajoute un autre défi : celui des incertitudes relatives à l'évolution future du climat et à ses conséquences sur les systèmes hydrologiques et humains. En dépit de la réalité des modifications du cycle de l'eau en Méditerranée et des progrès de la modélisation climatique qui permettent progressivement de réduire la gamme des futurs hydrologiques plausibles, il subsiste d'importantes incertitudes sur le rythme, l'amplitude et les conséquences de ces changements en fonction des échelles géographiques et temporelles considérées.

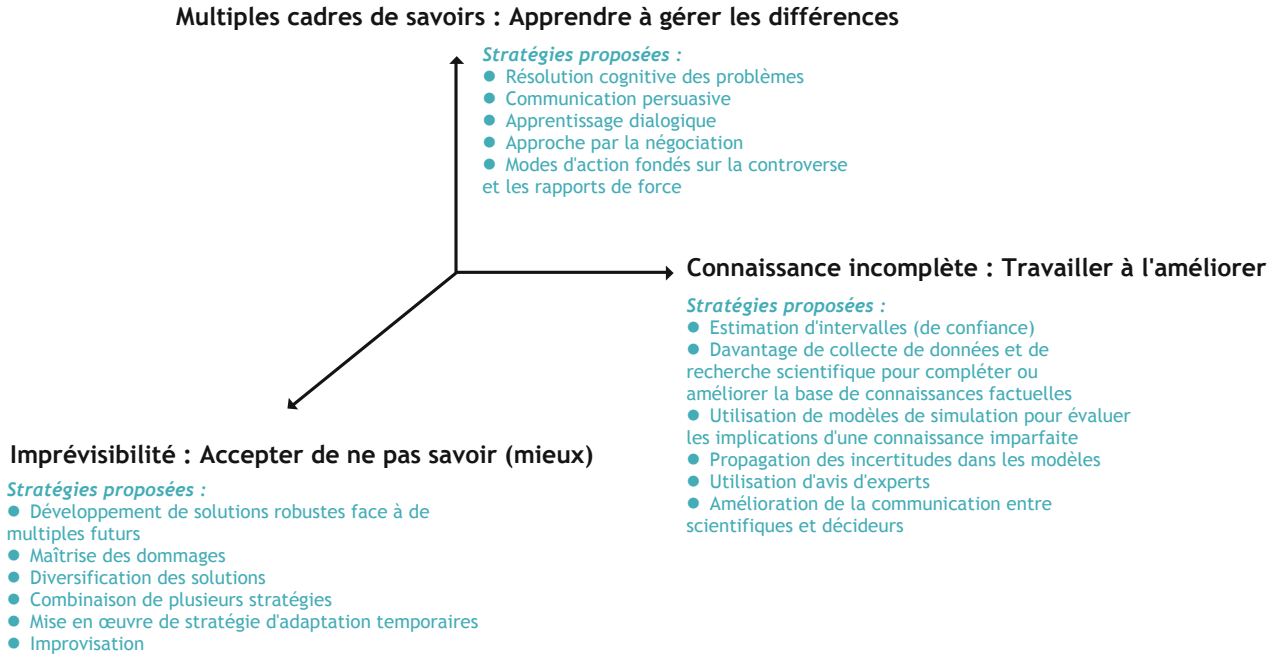
Celles-ci sont principalement de deux types (Newig et al., 2005 ; Brugnach et al., 2009). Le premier correspond aux incertitudes d'ordre informationnel, résultant d'une connaissance incomplète des phénomènes hydrologiques en jeu et d'une capacité limitée à caractériser avec précision la probabilité, l'ampleur et la sévérité de certains types d'aléas et de risques en raison notamment de l'insuffisance des données disponibles ou des limites des concepts et méthodes utilisés (Figure 6).

Figure 5 : Les modalités possibles d'évolution d'une variable climatique donnée



(Source : Préfecture de Loraine 2008, d'après Collier 1999)

Figure 6 : Stratégies de gestion de l'incertitude



(Source : Traduit et modifié d'après Brugnach et al.,. 2009)

Ainsi, pour certains pays méditerranéens (en particulier ceux de la rive Nord), il demeurera difficile, au moins jusqu'en 2030, de distinguer d'un point de vue statistique les effets du changement climatique du bruit de fond de la variabilité naturelle et d'extrapoler à partir des observations récentes des tendances d'évolution des régimes pluviométriques et hydrologiques (Hallegatte et al., 2008). De même, les projections climatiques, socio-économiques et l'évaluation des impacts sur l'hydrologie et les usages de l'eau sont soumises à une cascade d'incertitudes de nature épistémologique, stochastique et anthropique, dont l'influence varie en fonction des pas de temps considérés. Ces incertitudes rendent tout effort de prospective aux échelles régionale et locale particulièrement complexe et ne permettent pas pour l'instant de répondre avec suffisamment d'exactitude aux préoccupations opérationnelles des gestionnaires et des planificateurs.

En outre, les évolutions sur le long terme des caractéristiques climatiques et socio-économiques et leur effet combiné sur l'hydrologie et les usages ne sont pas toutes modélisables ni probabilisables. L'état actuel des connaissances et des outils ne permet pas de représenter toute la complexité des interactions entre forçages climatiques et anthropiques qui, dans bien des cas, risquent de se traduire par des phénomènes non linéaires, systémiques et aléatoires. Le changement climatique et ses impacts présentent donc une part non négligeable d'imprévisibilité pouvant se traduire par la survenue de ce que les climatologues qualifient de bonnes ou mauvaises "surprises".

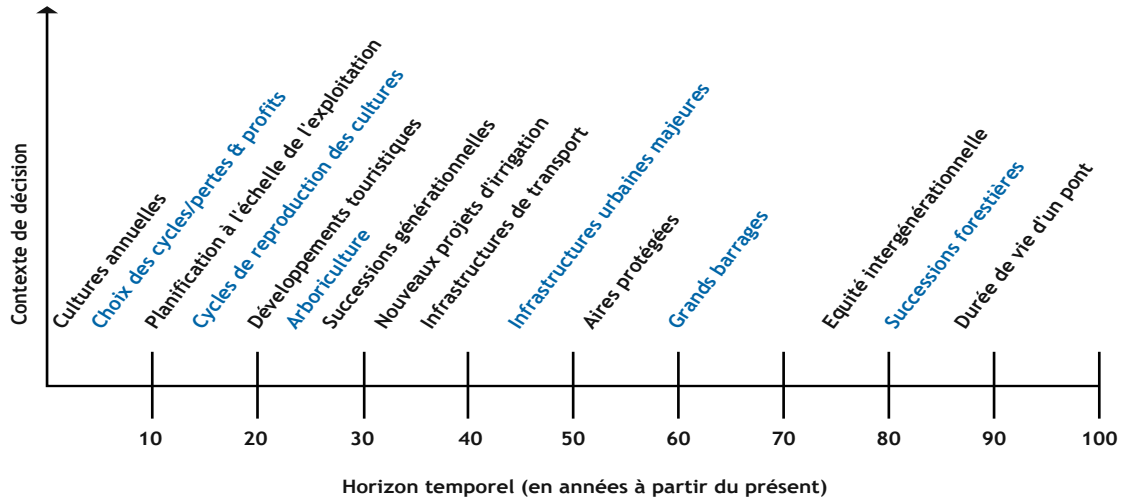
Un second type d'incertitude, normatif cette fois, peut découler des différences de perception entre acteurs sur l'évolution des hydrosystèmes, la nature des risques encourus et leur acceptabilité. Ces divergences de point de vue, reflétant des systèmes de valeurs et de préférences différents, peuvent conduire à une certaine ambiguïté dans l'appréciation des enjeux, des dangers et des moyens de les gérer.

Si plusieurs stratégies existent et peuvent être déployées pour limiter ces incertitudes (Figure 6), il y a cependant fort à parier que celles-ci ne pourront être réduites de manière drastique dans un futur proche.

Dans ce contexte, le défi qui se pose aux acteurs de l'eau est non seulement de s'adapter à un certain type de changement, mais de surcroit de s'adapter dans le même temps aux incertitudes liées à ce changement, en veillant à limiter les choix irréversibles.

Une telle gestion de l'incertitude et de la réversibilité s'avère d'autant plus cruciale pour le secteur de l'eau que celui–ci se caractérise par une forte inertie résultant de la prédominance du long, voire du très long terme, dans les horizons de la planification sectorielle et dans la durée de vie des investissements (De Perthuis et al., 2010). Les échelles de temps sous-tendant le choix des stratégies et infrastructures hydrauliques correspondent bien souvent à celles du changement climatique (Figure 7). Il en résulte que de nombreuses décisions liées à l'eau, y compris d'adaptation, s'avèrent particulièrement sensibles à l'incertitude, et que le risque de "maladaptation" y est particulièrement élevé lorsque certaines solutions s'avèrent fortement structurantes ou peu flexibles.

Figure 7 : Horizons de planification et durée de vie de différents types de politiques et d'investissements



(Source: traduit de Jones, 2007)

La Figure 8 présente des exemples de mesures de gestion et d'adaptation dans le secteur de l'eau classées selon un gradient croissant de sensibilité à l'incertitude et, in fine, d'importance du risque de non atteinte du résultat escompté, également appelé "regret" (exprimé généralement en terme de coût d'opportunité).

On distingue des choix ou des mesures dits "sans", "à faible" ou "à fort" regret. Pour cette dernière catégorie, correspondant à des mesures inertes et peu flexibles sur le long terme, les conséquences du changement climatique pourraient être :

- directes dans le cas où la mesure ou l'infrastructure se trouverait physiquement menacée par le changement climatique ou ses performances seraient fortement altérées (fonctionnement sous-optimal),
- ou indirectes lorsque la mesure est susceptible de provoquer une augmentation de la vulnérabilité et donc de la "maladaptation" (comme par exemple dans le cas de mesures fiscales d'incitation aux forages dans un contexte de très forte incertitude sur l'évolution du taux de recharge des nappes).

Les solutions "sans regret" présentent un avantage certain puisqu'elles permettent de réduire la vulnérabilité aux changements hydrologiques tout en ayant des bénéfices immédiats et ce, indépendamment de l'évolution future du climat et de ses incertitudes (mesures de gestion de la demande en eau par exemple).

Néanmoins, il convient de replacer le choix et la pertinence des approches de gestion et d'adaptation dans une perspective temporelle plus longue. En effet, certaines mesures sans ou à faible regret, relevant de la poursuite ou de l'extension des politiques actuelles ou correspondant à des adaptations "à la marge" (comme la gestion de l'efficience hydraulique ou la requalification de certaines infrastructures), s'avèrent particulièrement utiles dans le court terme mais risquent d'être insuffisantes ou extrêmement coûteuses sur le long terme, en particulier lorsqu'elles visent le maintien en l'état d'activités ou d'usages dont la pérennité pourrait être remise en cause par le changement climatique (cas notamment de certaines cultures irriguées). Pour certains pays, des changements structurels de trajectoire hydraulique seront très vraisemblablement nécessaires à plus ou moins brève échéance, comme par exemple le choix de promouvoir de nouveaux modes de mise en valeur et de partage de la ressource entre l'agriculture et les autres secteurs face à des situations de rareté aigüe et chronique. Les mesures sans ou à faible regret déployées seules risquent aussi de masquer la perception des impacts et de freiner l'adoption de mesures de plus long terme et de changements de comportements plus conséquents.

Une telle considération renvoie notamment à la distinction entre adaptation à la variabilité et adaptation à l'évolution des conditions hydrologiques moyennes, cette dernière pouvant nécessiter des changements ou des relocalisations d'usages lorsque les conditions de leur viabilité ne sont plus réunies (cf. stratégie de type E du Tableau 2). La gestion de la variabilité spatiale et temporelle de l'hydrologie a donné naissance à un corpus de techniques et de bonnes pratiques qui ont généralement visé à corriger les "inégalités" induites par la nature (ouvrages de régulation intra et interannuelle, transferts

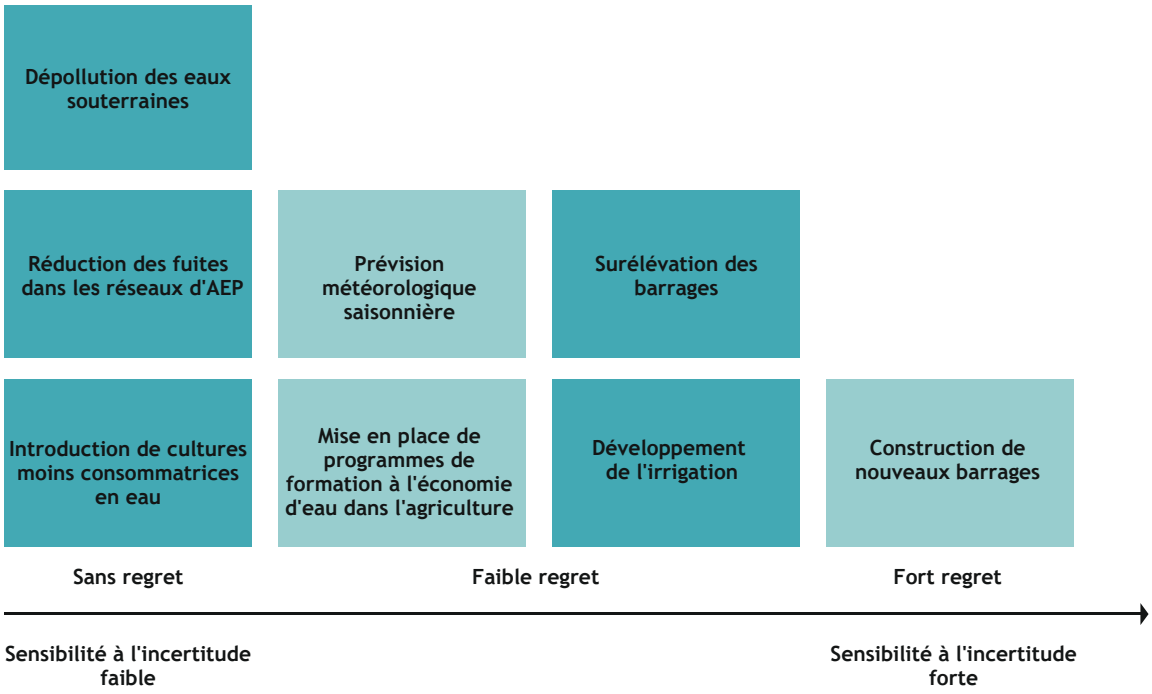
interbassins, construction de digues, …). Aussi, pour bon nombre de gestionnaires, le renforcement et l'extension des pratiques conventionnelles de gestion représentent une stratégie d'adaptation privilégiée et particulièrement efficace, d'autant plus que beaucoup de pays sont encore insuffisamment adaptés à la variabilité climatique historique et présentent un important "déficit d'adaptation". Cette approche est légitime et fait sens dans le court terme pour les raisons évoquées plus haut. Néanmoins, comme le souligne l'Institut du développement durable et des relations internationales, (IDDRI 2009), "l'adaptation ne saurait se limiter au champ de la variabilité car les mesures correspondantes présenteraient le risque d'augmenter sensiblement la vulnérabilité (et donc les coûts des dommages) sur le moyen et long terme (maladaptation) en ne tenant compte que des variations autour d'une moyenne et non de l'évolution de cette moyenne". C'est le cas par exemple de la surélévation de certains barrages ou de la construction de nouveaux ouvrages visant à répondre à une augmentation de la variabilité interannuelle sur une période donnée, sans pour autant intégrer la diminution des cumuls pluviométriques annuels sur cette même période alors que celle-ci est considérée comme fortement plausible par les modèles climatiques.

Vers un changement de paradigme ?

Pour les acteurs de l'eau, le concept d'adaptation renvoie à celui de la prise de décision en univers non-stationnaire, dynamique et incertain, qui nécessite un changement en profondeur des paradigmes actuels de la planification et de la gestion de l'eau. Pourtant, un tel changement ne va pas de soi. Face à la complexité de la situation et à la difficulté de la tâche, certains décideurs et gestionnaires pourraient choisir d'éluder la question climatique ou d'attendre que les progrès de la science et de la modélisation du climat apportent davantage de certitudes sur l'avenir. Les limites des modèles ne doivent cependant pas être considérées comme un obstacle à l'adaptation (Dessai et al., 2009). L'attentisme pourrait se révéler être un pari risqué et coûteux car il est probable que les changements s'accélèrent et l'incertitude climatique ne pourra jamais être totalement levée. Une autre attitude, plus efficace et présentant de plus grandes perspectives, s'offre aux gestionnaires dès lors qu'ils acceptent l'incertitude et la considèrent comme un élément constitutif de la prise de décision.

Il convient d'envisager d'autres types de stratégies hydrauliques, favorisant la mise en place de politiques, de mesures, d'usages et de dispositifs de protection contre les extrêmes plus résilients et plus robustes. Plutôt que de vouloir maintenir l'existant (logique de conservation) ou de rechercher un type d'adaptation optimale pour un futur climatique

Figure 8 : Impact de l'incertitude sur l'efficacité des mesures de gestion et d'adaptation dans le secteur de l'eau



(Traduit d'après Banque Mondiale 2010a)

donné (logique d'optimisation), il s'agit de mettre au point des trajectoires et des choix de gestion à même de supporter de manière satisfaisante une large gamme de changements au sein d'un éventail de futurs hydrologiques plausibles (Figure 9). L'enjeu peut être résumé dans les deux questions suivantes : comment prendre des décisions politiques "dures" sur des connaissances scientifiques "molles" ? Comment légitimer de telles décisions ?

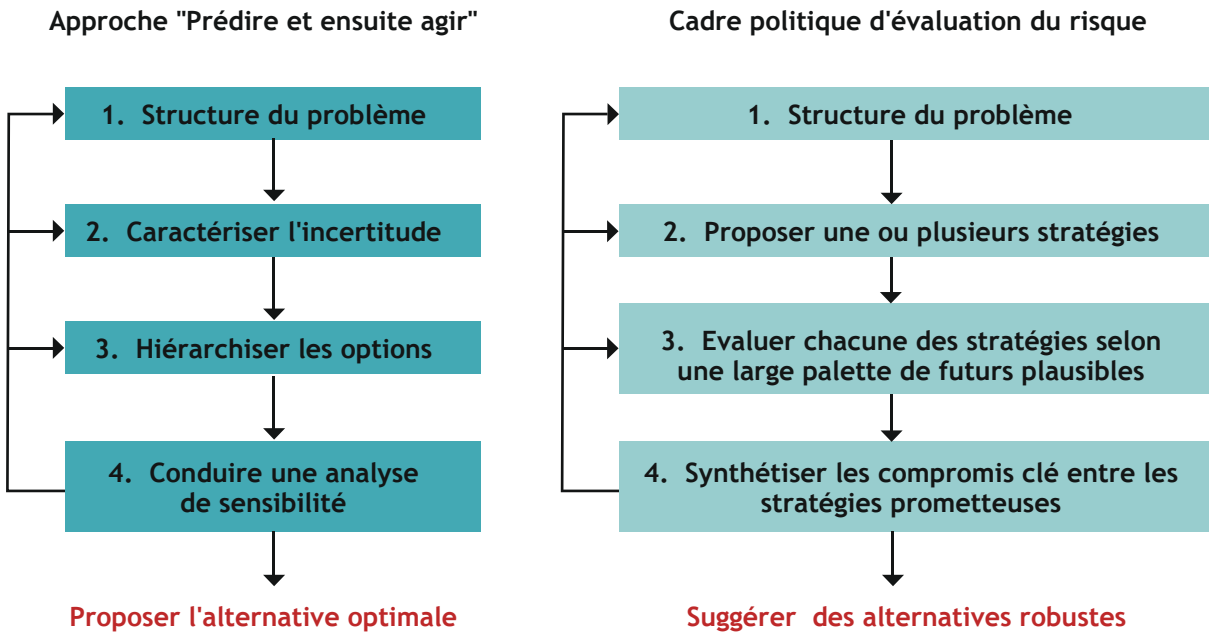
Rendre le secteur de l'eau plus robuste implique de favoriser une gestion adaptative des ressources et des risques, c'est-à-dire une gestion qui vise à réduire la vulnérabilité et augmenter les capacités d'adaptation à travers un processus d'adaptation "pas-à-pas", souple et progressif, reposant sur une démarche d'apprentissage continu ("learning-by-doing") et sur la mise en œuvre de politiques et mesures flexibles, régulièrement évaluées et corrigées à mesure que les connaissances scientifiques se développent et que les conditions climatiques et socio-économiques évoluent. Ce mode de gestion de l'eau repose sur un certain nombre de principes d'action tels que (d'après Pahl-Wostl et Sendzimir, 2005 ; Hallegatte S., 2009 ; UNECE, 2009 ; European Environment Agency, 2009) :

- Privilégier des approches "bottom-up" (ascendantes) d'évaluation continue de la vulnérabilité des systèmes de gestion de l'eau à partir de la définition de seuils critiques et de niveaux de risque maximum acceptable ;
- Favoriser des mesures sans/à faible regrets et gagnantes-gagnantes, c'est-à-dire des mesures qui réduisent les vulnérabilités et génèrent des bénéfices environnementaux et sociaux quelle que soit l'évolution de l'hydrologie ;
- Appliquer systématiquement le principe de précaution en situation d'incertitude extrême voire d'ambigüité (imprévisibilité) concernant un risque ;
- Encourager l'innovation, l'apprentissage social et l'expérimentation de nouvelles approches et techniques à des échelles maîtrisables ;
- Promouvoir une planification de long terme adossée à un processus de révision et d'amélioration continues des stratégies d'adaptation alimenté par des dispositifs pérennes d'observation et d'amélioration des connaissances sur le climat et l'hydrologie et des analyses régulières de risque ;
- Favoriser l'implication et le dialogue entre acteurs de l'eau afin de réduire l'incertitude normative et de limiter les sources des conflits potentiels ainsi que les éventuelles externalités négatives de l'adaptation (prise en compte des effets redistributifs) ;
- Privilégier des stratégies et des mesures flexibles et réversibles afin de minimiser le risque et le coût de la maladaptation. Cela peut par exemple supposer d'investir dans des infrastructures à la durée de vie moins longue (construction de plusieurs barrages colinéaires à faible coût plutôt qu'un ouvrage de très grande taille) ou d'intégrer des marges de sécurité plus grandes dans leur conception ;
- Ne pas se focaliser uniquement sur les solutions techniques d'adaptation : selon les cas, certains instruments institutionnels ou financiers peuvent s'avérer plus appropriés (par exemple assurances ou systèmes d'annonce de crue plutôt que des protections lourdes contre les inondations) et porteurs de beaucoup moins d'inertie et d'irréversibilité.

La gestion adaptative appréhende l'adaptation de manière dynamique, comme une séquence d'interventions et de réponses graduées dont la mise en œuvre effective s'échelonnera dans le temps en fonction de la nature des dangers et de leur rythme de survenue. Pour être efficace, l'adaptation doit alors à la fois s'appuyer sur les mesures pertinentes disponibles aujourd'hui et promouvoir l'innovation à long terme. La mise en œuvre complémentaire de stratégies et de mesures mieux à même de contrer des changements plus brutaux, plus sévères et surtout plus incertains demandera notamment de développer des systèmes de gestion et des technologies plus "intelligentes", flexibles et adaptables en fonction des circonstances, d'augmenter les marges de sécurité dans la conception et la mise en œuvre des stratégies hydrauliques, de réviser les règles de dimensionnement et de fonctionnement des ouvrages pour les rendre plus robustes ou encore de diversifier les sources d'eau afin de mieux gérer les risques de pénurie.

Dans ce contexte, l'adaptation doit s'entendre dans un sens large et reposer sur un portefeuille diversifié de réponses qui peuvent être classées le long d'un continuum (Figure 10) allant d'actions visant à réduire les déterminants non-climatiques de la vulnérabilité et à accroître les capacités d'adaptation (mesures "sans-regret"), en passant par des mesures visant à mieux gérer la variabilité et les risques hydrologiques actuels, jusqu'aux mesures d'adaptation au sens strict, c'est-à-dire destinées à contrer les impacts directement imputables au changement climatique et qui, en l'absence de modification du climat, ne seraient aucunement justifiées.

Figure 9 : Différences entre adaptation «optimale» fondée sur la réduction de l'incertitude et adaptation «robuste» basée sur l'acceptation et la prise en compte de l'incertitude et du risque



(Traduit d'après Lempert et al.; 2006)

Le déploiement de l'une ou l'autre de ces mesures dépendra fortement de la nature, du rythme et de l'ampleur de l'évolution des risques considérés dans le temps et l'espace mais également des connaissances scientifiques et des moyens technologiques disponibles au sein des pays. La Banque Mondiale propose trois types de stratégies complémentaires à cet égard (Le Quesne et al. 2010; Banque Mondiale 2010b) :

- "Stratégie de l'action ciblée" ("Shaping Strategy"), consistant à la mise en œuvre immédiate de mesures sans regret ou calibrées par rapport à un certain type de risque plus ou moins proche dans le temps (mesures "justifiées par le changement climatique") lorsque celui-ci est fortement établi scientifiquement et que les informations disponibles apportent suffisamment de garanties sur sa probabilité d'occurrence et ses conséquences ;
- "Stratégie de précaution" ("Hedging Strategy"), consistant à mettre au point certaines réponses de manière anticipée mais à reporter leur déploiement à plus tard lorsque l'incertitude sur le risque identifié est jugée trop importante (exemple du maintien d'une bande inconstructible à l'arrière de certaines digues de manière à pouvoir surélever et renforcer celles-ci le cas échéant)
- "Stratégie de vigilance permanente" ("Signpost strategy"), consistant à élaborer un système d'indicateurs et de seuils d'alerte permettant d'indiquer le moment où un certain type de réponse doit être engagé.

Cependant, la gestion adaptative du secteur de l'eau ne saurait se réduire à un changement, aussi efficace soit-il, des procédures techniques ou décisionnelles. Rendre le secteur plus résilient aux stress et chocs hydroclimatiques nécessite une évolution de l'ensemble du cadre de la gestion de l'eau, impliquant la mise en œuvre de réformes structurelles dans le domaine des modes de planification et de la conception des politiques de l'eau, de la gouvernance, de la coopération institutionnelle, de la gestion de l'information ou encore des dispositifs de financement sectoriel. La figure ci-dessous (Figure 11) présente les principales différences entre un mode de gestion adaptatif et le mode classique (Pahl-Wostl et al., 2005). Les facteurs nécessaires pour assurer la transition d'un mode à l'autre y sont également indiqués.

Dans la majorité des pays méditerranéens, la promotion du concept de Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) a pu permettre une meilleure reconnaissance de certaines interdépendances des problèmes de l'eau et de la pertinence de solutions intégrées pour les gérer. Néanmoins, la GIRE ne saurait constituer à elle seule une réponse suffisante aux nouveaux défis hydrologiques posés par le changement climatique (Pahl-Wostl C., Sendzimir J., 2005). Il apparaît donc urgent de revisiter ses principes et outils à l'aune des enjeux du changement climatique et d'une gestion plus adaptative de la ressource et des usages.

Figure 10 : Le continuum de l'adaptation dans le secteur de l'eau

VUNÉRABILITÉ → IMPACT

1. Eliminer les causes sous-jacentes de la vulnérabilité	2. Développer les capacités à faire face	3. Gérer le risque climatique	4. Contrer les impacts du changement climatique
Actions contribuant au développement humain et à l'amélioration des performances du secteur de l'eau. Actions qui ne tiennent pas compte des impacts du changement climatique mais qui contribuent à en réduire les effets sur les populations, les usagers et les sociétés en diminuant les sources de vulnérabilité à tout type de stress.	Actions relevant encore largement du champ de la gestion conventionnelle de l'eau et permettant de se préparer à des actions plus ciblées contre les changements climatiques. Actions axées sur le renforcement des capacités institutionnelles, techniques et systémiques dans des secteurs particulièrement vunérables.	Actions de gestion et de réduction du risque hydroclimatique qui induisent des bénéfices importants sous climat actuel mais qui distinguent de la gestion conventionnelle de l'eau par la prise en compte systématique de l'information climatique dans les processus de décision et de gestion.	Actions répondant spécificiquement aux effets "additionnels" du changement climatique, c-à-d aux impacts qui se distinguent clairement de la variabilité naturelle. Ces activités sont rendues nécessaires uniquement en raison du changement climatique et génèrent peu de bénéfices sous climat actuel.
Exemples : développement de l'accès à l'eau potable, diversification des moyens de subsistance dans les zones sujettes à la sécheresse, programme de préservation de la qualité de l'eau, contrôle des prélèvements et développement de la police de l'eau, etc.	Exemples : conservation et gestion durable des zones humides et des espaces d'étalement des crues, aménagements antiérosifs des bassins-versants, mise en place de plans de gestion intégrée de la ressource par bassin, gestion de la demande, renforcement des capacités de suivi et de modélisation des ressources, etc.	Exemples : intégration de la prévision saisonnière dans la gestion des retenues et la planification des ressources, mise en place de plan de prévention du risque d'inondation et de systèmes d'assurance tenant compte de l'évolution des risques, etc.	Exemples : déplacement des populations et des activités, abandon de certains usages, reconversion économique des territoires, développement, de nouvelles technologies et infrastructures coûteuses telles que la construction de nouveaux barrages, de techniques alternatives de production d'eau, etc.

100 ← Bénéfices en l'absence de changement climatique → 0

(Traduit et adapté d'après Olhof et Schaer, 2010, McGray et al. 2007)

Figure 11 : Les conditions de la transition vers un mode de gestion adaptative de l'eau

Transition vers une gestion adaptative

	Régime dominant	Amélioration de la gouvernance avec des processus de participation des acteurs intégrés aux processus politiques et scientifiques →	*Régime adaptatif*
Gouvernance	Centralisée, hiérarchique, participation limitée des parties prenantes	Développement de la capacité d'adaptation pour réduire la vulnérabilité →	Polycentrique, horizontale, large participation des parties-prenantes
Intégration sectorielle	Analyse disjointe des secteurs se traduisant par des politiques contradictoires et l'émergence de problèmes chroniques	Intégration de la GIRE dans la planification territoriale →	Analyse intersectorielle permettant d'identifier les problèmes émergents et leur intégration dans la mise en œuvre des politiques
Echelle d'analyse et d'opération	Des problèmes transfrontaliers émergeant lorsque les sous-bassins sont les seules échelles d'analyse et de gestion	Résolution des conflits d'usage de la ressource →	Les questions transfrontalières sont analysées et gérées de façon multiscalaire
Gestion de l'information	Compréhension fragmentée et manque d'intégration des sources d'information qui sont brevetées	Traiter les questions de pauvreté, de santé et de genre →	Atteinte d'une compréhension exhaustive grâce à des sources d'information ouvertes qui permettent de combler les lacunes et de faciliter l'intégration
Infrastructure	Infrastructure massive, centralisée, une unique source de conception, de pouvoir et de fourniture	Création et adaptation des institutions transfontalières aux forces motrices et pressions →	Echelle appropriée, décentralisée, sources de conception, de pouvoir et fourniture variées
Finances et risque	Ressources financières concentrées dans la protection structurelle ("sunk costs" ou coûts fixes)	Tester et incorporer des systèmes de suivi innovants dans les processus de décision →	Ressources financières diversifiées, faisant appel à une large palette d'instruments financiers publics et privés
		Tester et appliquer des méthodes et des technologies innovantes pour renforcer les capacités de stockage des bassins versants →	
		Développer des recherches sur la gestion des risques pour identifier des approches innovantes dans le secteur financier →	

(Pahl-Wostl et al. 2005)

Tableau 3: Stratégies nationales d'adaptation existantes ou en projet. Situation au premier semestre 2010.

Pays	Nom/Acronyme	Institutions porteuses	Année d'adoption	Site web
Pays ayant adopté une stratégie nationale d'adaptation				
France	Stratégie nationale d'adaptation (SNA)	Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (MEEDDM/MEDDTL)	2007	www.ecologie.gouv.fr /adaptation-au-changement.html
	Plan climat	Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (MEEDDM/MEDDTL)	2008	
Espagne	Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC)	Ministère de l'environnement et des affaires rurales et maritimes	2007	www.mma.es/secciones /cambio/ancas_tematicas /impactos_cc/pdf/pna_v3.pdf
Turquie	Stratégie nationale de lutte contre le changement climatique (SNCC)	Ministère de l'environnement et de la fôret	2009	www.iklim.cevreoman.gov.tr /yayinlar.aspx
Maroc	Plan national de lutte contre le réchauffement climatique (PNRC)	Secrétariat d'Etat chargé de l'eau et de l'environnement	2009	www.gtz.de/de/dokumente /en-climate-results-adaptation.pdf
Pays où une stratégie nationale ou un plan d'action complétant les stratégies est en cours de préparation				
France	Plan national d'adaptation	Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (MEEDDM/MEDDTL)	2011	www.developpement-durable.gouv.fr /plan-national-d-adaptation-au, 16726.html
Turquie	Plan national contre le CC	Ministère de l'environnement et de la fôret	2011	www.iklim.cevreoman.gov.tr /yayinlar.aspx
	Stratégie nationale d'adaptation au CC	Ministère de l'environnement et de la fôret	2009	www.iklim.mdgf-tr.org /index.php?ID=303&LNG=2
Tunisie	Stratégie nationale sur le changement climatique	Ministère de l'environnement et du développement durable	2012	
Pays ne disposant pas de stratégie formelle mais où des priorités nationales ont été identifiées				
Maroc	Chapitre "Vulnérabilité et Adaptation" de la 2ème communication nationale à la CCNUCC	Secrétariat d'Etat chargé de l'eau et de l'environnement	2010	
Albanie	Chapitre V&A de la SCN	Ministère de l'environnement	2009	
Egypte	Chapitre V&A de la SCN	Agence de l'environnement	2010	
Pays ayant adopté ou préparant une stratégie nationale d'adaptation spécifique au secteur de l'eau				
Tunisie	Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes aux changements climatiques	Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques	2007	Information non disponible
France	Projet Explore 70	Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (MEEDDM/MEDDTL)	2012	Information non disponible
Egypte	Initiative nationale d'adaptation du secteur de l'eau	Ministère des ressources en eau et de l'irrigation	Info. non disponible	Information non disponible

Analyse comparée des efforts d'adaptation dans le secteur de l'eau : cas de 7 pays méditerranéens

Cette section présente les résultats de l'analyse croisée menée sur l'état de prise en compte de l'adaptation dans le secteur de l'eau à l'échelle des sept pays méditerranéens : la France, l'Espagne, le Maroc, la Tunisie, l'Egypte, la Turquie et l'Albanie. Elle présente la situation au premier semestre 2010.

Cadre de référence et d'analyse

Cette analyse s'appuie sur le cadre de référence de la gestion adaptative des ressources en eau, introduite au paragraphe précédent. Ce cadre est détaillé dans l'annexe.

L'adaptation ne se limite pas à des solutions techniques. Elle implique aussi un processus de transformation structurelle du cadre de la gestion de l'eau.

De façon schématique, la gestion adaptative de l'eau peut être représentée comme un "système de gestion" reposant sur un ensemble de "fonctions clefs" que les pays sont communément amenés à assumer s'ils souhaitent s'adapter efficacement aux nouvelles conditions hydro-climatiques (WRI, 2009). La réalisation de ces différentes fonctions se fonde sur un ensemble d'éléments de gestion et de capacités de nature diverse (technique, institutionnelle, politique, informationnelle, etc.) dont la présence ou l'absence va conditionner l'aptitude du secteur de l'eau à faire face aux changements et à piloter l'adaptation.

Les principales fonctions d'un tel système de gestion adaptative s'organisent autour de la typologie suivante :

A. Fonction de planification et de pilotage stratégique (cadre politique et stratégique)

B. Fonction de coordination et d'encadrement (cadre institutionnel et gouvernance)

C. Fonction de régulation et de contrôle (cadre législatif et réglementaire)

D. Fonction de veille, de gestion de l'information et des connaissances

E. Fonction de financement et d'incitation à l'adaptation (instruments économiques)

F. Fonction de gestion opérationnelle des risques liés au changement climatique (actions et mesures techniques d'adaptation)

G. Fonction d'évaluation des impacts du changement climatique et des risques socio-économiques associés

A chacun de ces axes fonctionnels a été attribué un ensemble de critères simples sous la forme d'une check-list d'éléments clefs de gestion adaptative, permettant de disposer d'un référentiel et d'une grille d'analyse. Pour évaluer l'état de prise en compte de l'adaptation dans les approches, politiques et instruments actuels de la gestion de l'eau, chaque critère a été renseigné "à dire d'expert" à partir d'entretiens ciblés avec un groupe d'experts nationaux et régionaux en utilisant une échelle de notation de 1 à 5 selon que les principaux attributs clefs de la gestion adaptative sont présents, satisfaisants et opérationnels ou non. La grille et l'échelle d'évaluation sont exposées dans l'annexe.

Pour chaque pays et axe d'analyse, un score moyen non pondéré a par la suite été calculé afin d'établir des profils d'adaptation permettant d'obtenir une image, certes partielle, mais néanmoins indicative de la prise en charge de la question climatique au sein de l'échantillon étudié (''Benchmarking''). Les résultats de cette lecture croisée des différents profils de pays sont repris dans les paragraphes suivants sous la forme d'un graphique de synthèse en radar.

Compte tenu des limites et des contraintes de l'exercice, il convient de considérer ces résultats avec précaution et de leur attribuer une valeur essentiellement indicative. Par ailleurs, le but de ce travail n'est pas de porter un jugement de valeur sur les situations propres à chaque pays mais plutôt de rendre compte de la dynamique régionale entourant la prise en compte des enjeux climatiques dans les politiques et stratégies hydrauliques.

Politiques et stratégies nationales d'adaptation relatives à l'eau

La gestion des impacts du changement climatique sur les ressources en eau appelle indiscutablement des réponses locales adaptées au contexte et aux vulnérabilités des territoires affectés. Mais la mise en place d'un cadre politique "favorable" à l'adaptation au niveau national ou régional ("enabling environment") s'avère aussi centrale

pour le développement d'une gestion plus résiliente des ressources en eau et de leurs usages. C'est à ce niveau que se définissent la vision, les objectifs et les moyens d'action qui en retour vont déterminer l'évolution du secteur et conditionner sa plus ou moins grande vulnérabilité.

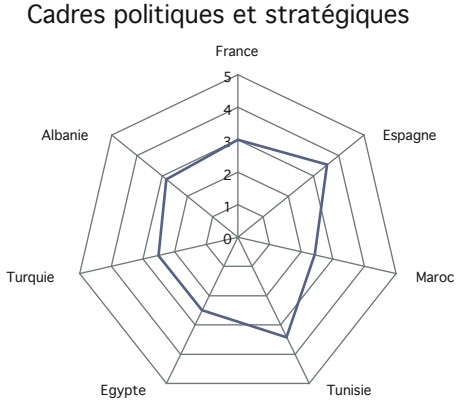
A cet égard, le défi de l'adaptation demeure en grande partie celui de l'intégration de la question climatique dans les politiques sectorielles et sous-sectorielles de l'eau, ce que les anglo-saxons désignent sous le terme de "mainstreaming". Promouvoir l'adaptation du secteur de l'eau est un exercice dual. Compte tenu du caractère transversal de la question, cela nécessite de renforcer non seulement la place du changement climatique dans les politiques publiques de l'eau mais également celle occupée par l'eau dans les politiques "climat". Cette double intégration est prise en compte dans l'analyse des progrès réalisés par le groupe de pays étudiés.

Aperçu des progrès réalisés sur le plan des cadres politiques d'adaptation liés à l'eau au sein de l'échantillon

A partir des différents critères d'appréciation définis pour l'axe fonctionnel A, la figure 12 présente de manière synthétique la situation des différents pays étudiés s'agissant de l'élaboration et de la mise en œuvre d'un cadre politique et stratégique pour l'adaptation du secteur de l'eau.

Les résultats montrent que les écarts entre les pays de l'échantillon sont assez réduits : globalement, les progrès accomplis sont donc plutôt faibles à modérés. Parmi les pays de l'échantillon, la Tunisie, l'Espagne et la France sont ceux pour lesquels l'eau est au centre des enjeux liés au changement climatique. Pour les autres, la prise en charge politique de la question semble plus récente.

Figure 12 : Mise en place de cadres politiques d'adaptation dans les 7 pays étudiés



(1= marginale ; 2= faible ; 3 = modérée ; 4= importante ; 5= très importante)

L'Albanie, la Turquie, le Maroc et l'Egypte présentent des situations assez proches. Néanmoins, les résultats suggèrent des nuances selon les différentes dimensions analysées. Ainsi, le consensus autour de l'urgence à agir face au changement climatique semble moins fort en Egypte. A l'inverse, l'Albanie, la Turquie et la Tunisie semblent intégrer plus explicitement une réflexion de long terme dans l'identification de mesures d'adaptation.

Pour autant, quel que soit le pays considéré, la mise en œuvre des stratégies et politiques nationales dans le domaine de l'eau ne s'est pour l'instant pas encore traduite par un changement palpable de pratiques.

Une problématique encore peu reflétée dans les politiques de l'eau

La plupart des pays de l'échantillon se sont engagés dans des processus de réforme du secteur de l'eau avec l'adoption de stratégies et de politiques visant une amélioration de la gestion et de la valorisation économique de l'eau dans l'agriculture, l'industrie ou la production d'énergie ainsi qu'une plus grande protection des biens et des personnes contre les évènements hydrologiques extrêmes. Malgré les horizons assez longs (15 ou 20 ans) retenus par ces stratégies et l'attention croissante en faveur de l'adaptation, ces stratégies sont portées par toute une série d'enjeux parmi lesquels le changement climatique occupe encore un rôle relativement faible.

Dans les pays de l'UE, la Directive cadre sur l'eau (DCE) promulguée en 2000 ne fait pas explicitement mention du changement climatique. Le changement climatique n'est donc pas l'enjeu central des premiers plans de gestion produits par la France pour la période 2009-2015. Cela ne signifie pas pour autant qu'il en est absent. Ainsi, comme c'est le cas pour le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) de Rhône-Méditerranée, les risques associés au changement climatique sont pris en compte dans l'évaluation des ressources en eau souterraines et de surface futures et l'efficacité des mesures proposées est évaluée en fonction de leur capacité à améliorer la résilience des hydrosystèmes au changement climatique.

Les différentes stratégies, plans et programmes élaborés à l'échelle nationale dans les autres pays du groupe reposent généralement sur des hypothèses de disponibilité future de la ressource qui ne tiennent pas compte des impacts attendus du réchauffement sur les régimes hydrologiques et sur les demandes en eau.

On peut cependant aussi considérer que ces stratégies concourent toutes au développement de réponses face aux impacts du changement climatique, en promouvant des mesures sans regret qui contribuent à une gestion plus efficace et durable de l'eau, fondées sur des approches hydrauliques conventionnelles.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette inertie, au premier rang desquels figurent l'insuffisance des connaissances sur les impacts et les incertitudes entourant les projections climatiques. Les décideurs les perçoivent comme des freins à l'action. Le cas de l'Egypte est en ce sens assez révélateur, compte tenu des difficultés des différentes études à isoler un signal climatique clair sur l'évolution du régime des eaux du Nil (les modèles aboutissant à des baisses d'écoulements particulièrement hétérogènes et variant de - 90 % à + 20% d'ici 2100). D'autres raisons, comme l'absence d'outils adéquats pour évaluer et intégrer les risques dans la planification et le pilotage stratégique du secteur, ou encore la priorité donnée à d'autres enjeux politiques et économiques de court et moyen termes, peuvent également l'expliquer.

Un cadre politique qui se dessine

Néanmoins, l'analyse des différents pays suggère que, globalement, les préoccupations liées au réchauffement climatique et à ses effets sur l'hydrologie tendent à occuper une place croissante dans les agendas politiques nationaux. Un consensus semble progressivement se forger sur l'importance et le caractère inéluctable des impacts du changement climatique sur les équilibres hydrologiques, même si les points de vue divergent encore largement, s'agissant des priorités et des moyens d'intervention à privilégier, entre actions sur l'offre et actions sur la demande pour gérer le risque de pénurie, entre solutions dures et solutions douces, ou encore sur le rôle de régulation joué par les écosystèmes. Cette analyse est confirmée par les entretiens menés. Elle est aussi illustrée par les efforts croissants des pays pour se doter de stratégies multisectorielles d'adaptation et pour certains, comme la France et l'Espagne, par une volonté politique clairement affichée.

Efforts entrepris en vue de l'élaboration de stratégies formelles d'adaptation

La sensibilité naissante pour la question climatique se traduit au niveau national par des progrès assez variables en matière d'élaboration de stratégies officielles d'adaptation.

Le tableau 3 récapitule les différentes initiatives existantes ou en projet. Certains pays sont assez avancés dans leur réflexion sur l'adaptation, avec des cadres stratégiques en place ou en cours d'élaboration, tandis que d'autres sont encore au stade de l'identification des problèmes et de la définition des priorités à donner à leur action.

Ainsi, d'un coté de l'échantillon se trouvent la Tunisie, la France, la Turquie, l'Espagne et le Maroc, tous engagés dans la formulation et l'adoption de stratégies officielles d'adaptation. Il s'agit de processus récents (moins de 3 ans). En fonction des institutions qui les portent et de leurs prérogatives vis-à-vis de l'eau, ces initiatives abordent l'adaptation du secteur de l'eau soit sous un angle multisectoriel, soit de manière sectorielle. Le premier cas de figure est le plus répandu. Il correspond généralement à des démarches pilotées par les institutions en charge des questions d'environnement, sensibilisées assez tôt à la question de l'adaptation, notamment à travers leurs implications dans les négociations internationales sur le climat. Le deuxième type d'approche relève des administrations directement en charge de l'eau et tend à se mettre plus lentement en place, témoignant des difficultés rencontrées dans la manière dont les acteurs de l'eau s'approprient la problématique climatique. A ce jour, seuls deux pays, la Tunisie et la France, se sont engagés dans ce type de démarche.

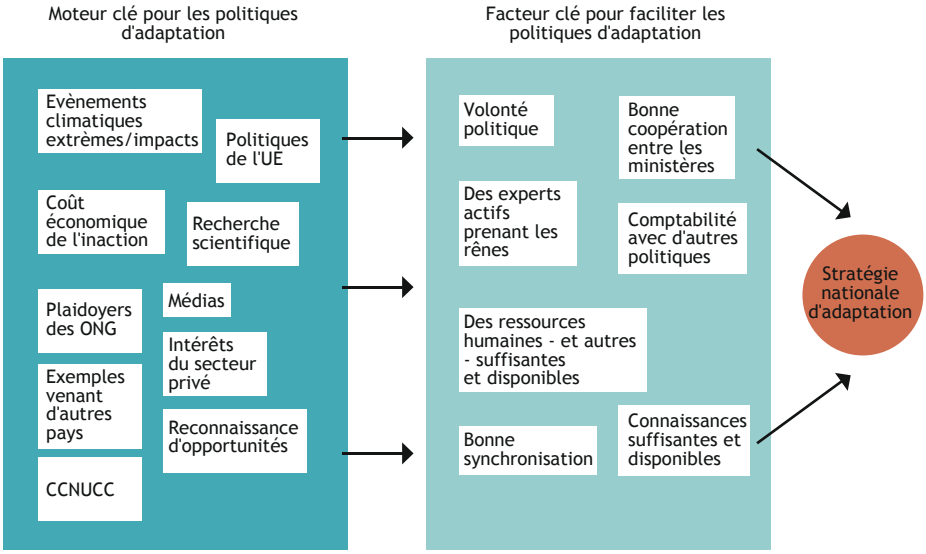
A l'autre extrémité de l'échantillon, se trouvent l'Egypte et l'Albanie qui ne se sont pas encore dotées d'instruments stratégiques d'adaptation. Pour ces pays, seules de grandes orientations et une liste de mesures potentielles ont été définies et énoncées dans les Communications nationales à la CCNUCC. Des travaux plus élaborés sont néanmoins prévus en Egypte dans le cadre de l'Initiative du bassin du Nil (IBN).

Facteurs d'influence et d'émergence des politiques d'adaptation

Les différences observées en matière de développement des politiques d'adaptation dans le domaine de l'eau s'expliquent par de nombreux facteurs d'origine endogène ou exogène (Figure 13).

Deux éléments semblent particulièrement déterminants dans la genèse et la construction des politiques d'adaptation de l'eau : la survenue de catastrophes naturelles ou d'anomalies hydrologiques sévères et récurrentes ainsi que l'influence des politiques internationales ou régionales sur le climat (CCNUCC et politiques et Directives européennes pour les pays de l'UE). Ainsi, en Tunisie, la succession d'années particulièrement sèches et la survenue d'inondations dévastatrices en 2003 semblent avoir joué un rôle important dans l'activation du processus. De même, les négociations de la CCNUCC, et notamment la 15ème conférence des Parties (COP-15) de Copenhague, paraissent avoir accéléré l'élaboration et l'adoption des Stratégies et Plans nationaux sur le climat de la Turquie et du Maroc.

Figure 13 : Principaux facteurs intervenant dans la formulation de politiques d'adaptation pour le secteur de l'eau



(Source : PEER, 2009)

Dans le cas de l'Espagne et de la France, plusieurs initiatives de l'UE contribuent à promouvoir l'adaptation du secteur de l'eau : la Directive inondation, la Stratégie communautaire sur la sécheresse et le manque d'eau ainsi que le Livre Blanc sur l'adaptation ou encore les mesures issues de la réforme de la Politique agricole commune. Des lignes directrices et des notes techniques en faveur d'une prise en compte des enjeux du changement climatique dans la mise en œuvre de la DCE ont été élaborées. Ces différents cadres participent tous à la mise à l'agenda politique de l'adaptation de la gestion de l'eau, et ce notamment (European Commission, 2009) :

- en développant la résilience face au changement climatique à travers la réduction des pressions anthropiques sur les hydrosystèmes et les sources de vulnérabilités,
- en promouvant des cycles de planification de 6 ans, permettant d'ajuster les interventions et les pratiques au fil du temps, à mesure que les connaissances scientifiques se développent (gestion adaptative),
- en favorisant les synergies entre les différentes politiques existantes afin notamment :
  - de restaurer les fonctions naturelles des hydrosystèmes, en particulier en matière de régulation des écoulements et d'épuration des polluants,
  - de réduire la fragmentation et d'améliorer la connectivité des habitats afin de permettre la migration des espèces,
  - de tendre vers un équilibre entre environnement et développement.

Caractéristiques et contenu des politiques existantes

L'examen des différents documents de politiques et de stratégies disponibles fait apparaître les éléments suivants.

Caractérisation des impacts et de leurs coûts

Peu de stratégies examinées procèdent d'une évaluation approfondie et territorialisée des vulnérabilités, des impacts et des coûts impliqués. Dans la plupart des pays, les études conduites dans le domaine s'avèrent encore limitées et partielles. Par conséquent, les orientations et mesures préconisées dans les stratégies restent très générales et peu contraignantes.

Horizons de planification et prise en compte des incertitudes

Les horizons de planification des politiques ne sont pas toujours explicités ou alors correspondent à un horizon généralement proche (10 à 20 ans) afin de rester en phase avec les préoccupations opérationnelles des décideurs. Peu de pays articulent une approche "adaptative" de la gestion du changement climatique combinant différents types de réponses en fonction de la probabilité de survenue des impacts sur le court, moyen et long termes. Seules la Turquie et l'Albanie proposent un échelonnement des mesures dans le temps, mais cette articulation répond plus à un souci opérationnel de programmation des actions et des investissements qu'à une stratégie de

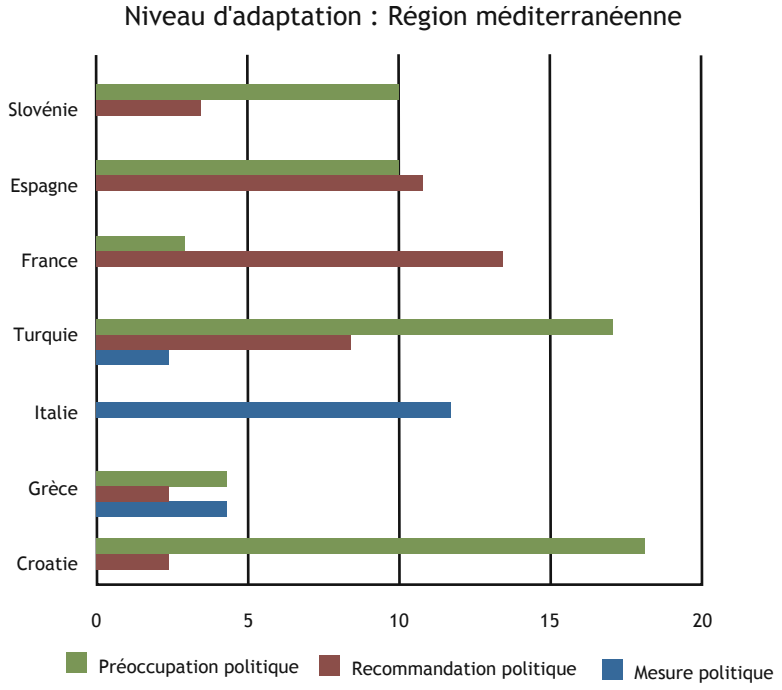
réponse "graduée" tenant compte des difficultés de la prévision du climat et des incertitudes. La question des incertitudes est d'ailleurs encore assez largement absente des stratégies formulées. En effet, celles-ci s'inscrivent pour la plupart dans une approche d'optimisation de l'adaptation c'est à dire d'adaptation à un scénario climatique donné dont on considère qu'il constitue un état futur certain. De plus, certaines mesures structurelles proposées pour faire face aux impacts à court terme risquent de causer davantage de problèmes d'ici 20 ans (« maladaptation »), d'autant plus lorsque la durée de vie de ces solutions est longue. C'est le cas notamment du Maroc, de la Turquie ou de l'Egypte qui préconisent l'augmentation des capacités de régulation et de stockage des eaux superficielles comme mesures d'adaptation à la rareté et à la variabilité hydrologique. Bien que légitimes et justifiées sous le climat dit "historique", ce type de mesures risque de figer les pays dans des trajectoires "hydrauliques" particulièrement coûteuses, en soutenant des usages ou des pratiques condamnées à moyen et long termes selon certains scénarios de changement climatique.

Priorités stratégiques d'adaptation affichées dans les politiques

Les priorités les plus fréquemment affichées dans les différents volets "eau" des stratégies et documents d'orientation existants peuvent être résumées comme suit (par ordre décroissant d'attention affichée dans les stratégies):

1. Lutter contre la raréfaction de la ressource en réduisant l'écart entre offre et demande et assurer la sécurité hydrique par :
   - la gestion de l'offre,
   - la gestion de la demande,
   - l'aménagement du territoire.
2. Réduire la vulnérabilité des biens et des personnes contre les évènements hydrométéorologiques extrêmes via notamment :
   - des infrastructures de défense,
   - la mise en place de plans de prévention,
   - l'édiction de normes de construction et d'urbanisme,
   - la diversification des sources d'approvisionnement en eau.
3. Augmenter la résilience des ressources en eau en diminuant les pressions existantes sur celles-ci :
   - poursuite des programmes de lutte contre les pollutions,
   - gestion quantitative de la demande,
4. Augmenter la résilience des populations par la sensibilisation et l'information préventive :
   - éducation,
   - campagnes de sensibilisation et de communication.

Figure 14 : Niveau d'avancement de l'adaption dans l'Europe méditerranéenne



(Source : Massey E., Bergsma E.2008)

5. Renforcer les capacités d'adaptation de la société dans son ensemble :
   - recherche,
   - sensibilisation, information,
   - éducation et formation.
6. Conserver les fonctions naturelles des écosystèmes et les services rendus pour l'adaptation :
   - maintien des zones humides,
   - lutte contre la désertification et l'érosion.
7. Assurer la robustesse des infrastructures hydrauliques et des investissements à long terme en utilisant des outils et méthodes permettant de tenir compte des risques et des incertitudes et augmentant les marges de sécurité : modification des règles de dimensionnement et de fonctionnement.

Globalement, les stratégies et politiques énoncées incluent une combinaison de mesures structurelles et non structurelles, les premières étant largement dominantes dans les PSEM. Elles font également appel pour une large part à des stratégies sans regret, car elles préconisent un renforcement des politiques actuelles comme première mesure d'adaptation. Elles y associent néanmoins dans certains cas, comme en France par exemple, des mesures complémentaires sous la forme d'une meilleure prise en compte des risques futurs et des incertitudes, ainsi que la réduction de la vulnérabilité des biens, des personnes et des usages.

Les thèmes couverts incluent très majoritairement la question de la satisfaction des besoins en eau agricole et urbaine via la mobilisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles, l'utilisation plus rationnelle et économe des ressources ainsi que la protection des biens et des personnes contre les crues. Les Stratégies de la France, du Maroc et de la Turquie apparaissent particulièrement équilibrées en termes d'objectifs assignés et de thèmes couverts.

Les interactions entre phénomènes physiques et biologiques et leur rôle dans les capacités de résilience des hydrosystèmes, et donc des usages qui en dépendent, sont encore abordés de manière marginale dans la plupart des pays hors UE ; les questions de sécurité hydrique, énergétique et alimentaire y sont prépondérantes. On reste donc sur des solutions techniques d'hydraulique, plutôt que sur la promotion d'approches basées sur la résilience et la capacité adaptative des milieux naturels et sur une remise en question des modes de production et de consommation.

Paradigmes dominants

En reprenant les paradigmes de l'adaptation présentés dans le Tableau 2, l'analyse montre que les approches et options stratégiques affichées par les pays étudiés se rapportent majoritairement aux paradigmes suivants :

- type C et D : "Prévenir les effets par des mesures techniques et institutionnelles",
- type F : "Recherche et amélioration des connaissances sur le climat",
- type G : "Information, éducation et formation",
- type B : "Répartir les risques et les pertes".

Les approches de "Living with water" correspondant aux stratégies de type A ("Accepter le risque et les pertes") sont moins visibles politiquement que les parades dites ''dures". Elles semblent néanmoins intéresser de plus en plus de gestionnaires qui réalisent les limites de certains aménagements des ressources. Par contre, les actions ciblant les impacts à long terme du changement climatique et nécessitant un changement en profondeur de pratiques ou une remise en cause des politiques et modes de gestion actuelles de l'eau (stratégies de type E "Changer/déplacer les activités et les usages") demeurent limitées. Il y a deux raisons majeures à cela. D'abord, le changement climatique commence juste à produire ses effets et, en ce qui concerne les régimes pluviométriques, les tendances lourdes d'évolution à long terme ont encore du mal à être isolées du "bruit de fond" de la variabilité naturelle. Ensuite, ces approches impliquent des réponses perçues par les gestionnaires comme économiquement, socialement et politiquement très coûteuses (à court terme) au regard des niveaux d'incertitude entourant les prévisions.

Un autre paradigme émergeant à l'échelle internationale est celui consistant à "exploiter" les opportunités liées au changement climatique. Dans la région méditerranéenne, ces opportunités sont particulièrement limitées, en conséquence de quoi le changement climatique est généralement décrit dans les stratégies comme une nuisance et une menace qu'il s'agit de combattre.

Prise en compte de la dimension transfrontalière

L'analyse du groupe de pays ne révèle pas pour l'instant de prise en compte forte des aspects liés aux eaux partagées dans les politiques nationales d'adaptation. Il est donc difficile d'évaluer le niveau de concertation intervenant sur cette question entre pays riverains. Le cas du bassin du Nil fait néanmoins exception avec le lancement, dans le

cadre de l'IBN, du processus d'élaboration d'une stratégie d'adaptation commune à l'ensemble des pays riverains. Cette stratégie reposera sur 6 piliers :

- Intégration de mesures d'adaptation dans les initiatives de développement du bassin du Nil,
- Mise en place de mécanismes de financement innovants en appui à une gestion durable des ressources en eau,
- Mise en place d'outils économiques, incluant notamment un programme d'investissement privé pour la gestion de l'eau,
- Appui à la recherche, à la gestion des connaissances et au renforcement des capacités,
- Rapprochement entre la communauté scientifique et la sphère des décideurs,
- Amélioration de l'accès aux données et à l'information sur le climat.

La stratégie sera adossée à un programme d'action afin d'apporter un appui technique et financier aux pays riverains dans ces différents domaines et d'assurer une meilleure coordination des efforts entrepris à l'échelle du bassin du Nil.

En l'absence d'accord multilatéral sur le Nil (celui-ci est en cours de négociation), cette initiative s'apparente davantage à un programme de travail sur le changement climatique émanant du Secrétariat de l'IBN qu'à une stratégie transfrontalière dotée d'une véritable assise légale et d'instruments de gestion. Elle n'en représente pas moins un pas important pour une plus grande prise en compte de ces questions dans le futur Traité sur le Nil.

Mécanismes de suivi et d'évaluation des politiques

Une stratégie adaptative de la gestion de l'eau doit être flexible et réversible pour mieux gérer l'incertitude. Cela suppose de disposer d'outils et d'indicateurs de suivi et d'évaluation qui permettent d'ajuster les mesures en fonction des changements effectifs des conditions hydrologiques, des progrès de la science du climat et de l'analyse des effets des politiques et mesures elles-mêmes. Ils sont absents de la plupart des stratégies. Si certaines stratégies comprennent des dispositions en matière de suivi et d'évaluation (France, Espagne, Turquie et Tunisie), celles-ci visent avant tout à s'assurer de la bonne mise en œuvre des mesures préconisées et moins de leur efficacité pour, si nécessaire, envisager leur révision ou abandon au regard de l'évolution du contexte hydrologique.

Une mise en œuvre insuffisante, qui se heurte à plusieurs obstacles

Il importe également de s'interroger sur le degré de mise en œuvre opérationnelle des politiques d'adaptation énoncées au niveau national.

Une étude réalisée par l'Institut d'Etudes de l'Environnement d'Amsterdam (Massey et Bergsma, 2008) à partir de l'analyse de différentes sources officielles (Communications à la CCNUCC, Stratégies nationales, rapports officiels, etc.) s'est attachée à évaluer l'état d'avancement de l'adaptation dans 29 pays européens en classant les différentes actions d'adaptation mises en avant par ces pays en 3 catégories (du plus général au plus concret) :

Catégorie 1 : préoccupations politiques,

Catégorie 2 : recommandations politiques,

Catégorie 3 : mesures mises en œuvre de manière concrète.

L'importance relative de chacune de ces catégories dans l'énoncé des politiques nationales donne une indication du niveau d'aboutissement et d'opérationnalisation des politiques en question. La figure 14 inclut les résultats obtenus pour la France, l'Espagne et la Turquie.

Les résultats montrent que la très grande majorité des actions affichées par les pays appartiennent aux catégories 1 et 2, c'est-à-dire qu'elles restent assez générales, essentiellement déclaratives et peu contraignantes. Les tendances révélées par cette analyse, bien que reflétant la situation de 2007 et n'étant pas restreinte au seul secteur de l'eau, demeurent encore valables aujourd'hui et reflètent assez bien la situation observée dans les autres pays de l'échantillon.

En effet, les différents entretiens réalisés auprès des experts nationaux confirment tous que pour le moment, la mise en œuvre des stratégies énoncées est encore très faible, voire inexistante. Aucune des options et mesures d'adaptation proposées par les pays n'a encore abouti à des changements significatifs des politiques de l'eau ou à des modifications des paradigmes et des modes dominants de la gestion de la ressource. Ces réformes viennent soit conforter des mesures visant à faire face à des pressions sur les ressources d'origine non-climatique, soit corriger les influences du climat des 20 dernières années sur les activités humaines.

Le cas de la Stratégie Tunisienne, adoptée en 2007, est particulièrement révélateur de la difficulté à passer des intentions aux réformes politiques concrètes. S'il est fait régulièrement référence

aux principes et messages les plus forts de cette Stratégie (relatifs notamment à la nécessité de passer d'une logique de mobilisation à une logique d'efficience et de valorisation de l'eau), bon nombre des mesures proposées attendent encore une mise en œuvre effective. Certaines de ces mesures touchent notamment à des questions éminemment politiques comme le partage des ressources entre usages et entre territoires, ou plus généralement comme l'avenir du modèle de développement hydro-agricole du pays.

Dans la mise en œuvre des politiques d'adaptation de la gestion de l'eau, les défis politiques et institutionnels pourraient finalement apparaître plus grands que ceux liés aux innovations techniques ou à l'accès aux technologies. Le tableau 4 montre comment différents facteurs influencent les conditions de mise en œuvre de l'adaptation en constituant tantôt des freins, tantôt des atouts et des opportunités.

Adaptation du cadre institutionnel

Il s'agit de penser une gouvernance et des arrangements institutionnels adaptés aux enjeux et spécificités du changement climatique : organisation des pouvoirs et des responsabilités entre secteurs et niveaux territoriaux, aptitudes à formuler et mettre en œuvre des politiques et capacités à arbitrer les différends. L'adaptation renforce l'intérêt de promouvoir des règles, procédures et modes d'interaction entre institutions transparents, équitables et flexibles.

La figure 15 montre des niveaux de développement des éléments institutionnels de l'adaptation du secteur de l'eau assez variables au sein de l'échantillon. La France et surtout l'Espagne apparaissent mieux outillées et avancées que leurs voisins du Sud et de l'Est de la Méditerranée.

Sur le plan du pilotage et de la coordination intersectorielle

Dans la plupart des pays étudiés, des entités organisatrices et des mécanismes de coordination de la politique d'adaptation existent ou sont en projet, généralement sur une base intersectorielle.

Leur degré d'effectivité varie cependant fortement entre les pays. L'Espagne s'est dotée d'un cadre institutionnel renouvelé pour mettre en œuvre sa politique d'adaptation à l'échelle des différents secteurs concernés, dont l'eau (cf. Figure 16). Celui-ci s'articule autour d'un bureau du Changement Climatique chargé de veiller à la mise en œuvre du Plan national d'adaptation dans les différents secteurs concernés. Des points focaux ont par ailleurs été désignés dans chacune des administrations sectorielles afin de faciliter la coordination et l'exécution du plan.

Le pilotage sectoriel de l'adaptation intervient en théorie à travers des instances nationales de coordination interministérielle, dotées de pouvoirs de décision et d'arbitrage, comme au Maroc, en Espagne et récemment en Tunisie avec la création du Conseil national de l'eau, ou assurant essentiellement une fonction consultative comme le Comité national de l'eau en France. La structure la plus emblématique est certainement le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat (CSEC) mis en place au Maroc.

Toutefois, le cas du Maroc s'avère particulièrement révélateur des problèmes rencontrés. Une étude de la Banque Mondiale et du Gouvernement Marocain (Banque Mondiale, 2004) indique notamment qu'en l'absence de feuille de route claire et d'un portage politique à haut niveau, les organes de concertation et de coordination mis en place courent le risque d'une certaine "dévitalisation" les empêchant de promouvoir et d'accueillir un débat ouvert entre les acteurs, et de permettre des décisions stratégiques sur des questions comme l'adaptation de la demande en eau ou la répartition de la ressource entre activités économiques.

Par ailleurs, si des réformes substantielles sont engagées dans ces pays pour améliorer la gouvernance de l'eau, l'éclatement et le chevauchement des responsabilités persistent, conduisant parfois à des situations de conflits, d'inertie, voire de vide institutionnel. Cet état de fait limite les capacités de réponse et d'anticipation des institutions en place. Ce point revient de manière récurrente dans les différentes stratégies étudiées qui toutes recommandent, comme facteur-clef de l'adaptation, une réorganisation de l'administration du secteur de l'eau vers moins d'éparpillement des compétences et davantage de décentralisation des pouvoirs.

Un autre obstacle réside dans la difficulté à mettre en place au sein de l'administration en charge de l'eau des unités stratégiques et techniques dédiées aux questions climatiques. Jusqu'à présent, la problématique de l'adaptation a été prise en charge par de nombreux services aux objectifs et aux approches parfois contradictoires. La coordination avec les autres secteurs s'en trouve de fait limitée. A cela s'ajoute un déficit cruel de capacités techniques pour appréhender la complexité des problèmes posés par le changement climatique à la planification et à la gestion de la ressource. Si les besoins en renforcement des capacités institutionnelles sont désormais bien cernés, grâce notamment aux diagnostics établis dans les Communications nationales, ceux-ci restent encore largement insatisfaits.

Tableau 4 : Analyse SWOT des stratégies nationales d'adaptation

	Facteurs contribuant de manière significative à la réalisation des objectifs des SNA	Facteurs freinant la réalisation des objectifs des SNA
Facteurs internes liés aux conditions d'émergence et de développement des SNA	(FORCES) ● Programmes de recherche ciblés ● Planification de la mise en œuvre, du suivi et du financement de l'adaptation ● Organisation de la coordination entre secteurs et niveaux administratifs	(FAIBLESSES) ● Coordination institutionnelle ● Engagement et implication des parties prenantes insuffisants ● Rôles et responsabilités dévolus aux différents niveaux territoriaux mal définis ● Prise en compte insuffisante du contexte et des savoir-faire locaux
Facteurs liés aux évolutions institutionnelles futures et extérieures aux SNA	(OPPORTUNITES) ● Croissance rapide et échange accru des connaissances sur l'adaptation ● Enseignements tirés des expériences d'intégration et de gouvernance multiscalaire dans d'autres domaines que le climat	(MENACES) ● Conflits interinstitutionnels et interterritorriaux ● Ressources financières et techniques insuffisantes ● Opinion publique insuffisament mobilisée ● Diversion de l'attention politique vers d'autres préocupations plus immédiates

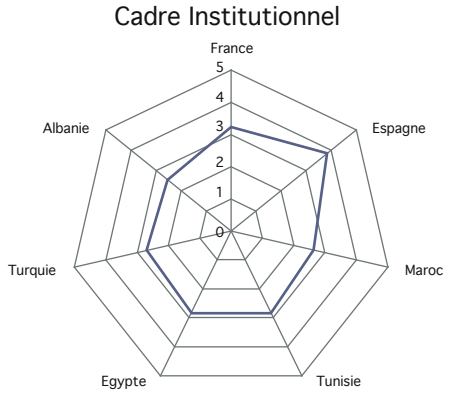
(Source : PEER 2009)

Sur le plan de la coopération entre échelons territoriaux

Le rôle conféré au niveau local (territoires, bassins versants, agglomérations urbaines, etc.) dans l'adaptation du secteur de l'eau varie fortement d'un pays à l'autre, en fonction notamment du caractère plus ou moins centralisé de la gestion de l'eau. Néanmoins, l'adaptation demandant des réponses adaptées aux contextes et besoins locaux, les bassins versants et les territoires locaux sont de plus en plus reconnus comme des échelons pertinents d'organisation et de mise en œuvre des politiques d'adaptation. Les pays se trouvent encore confrontés à plusieurs défis. Le partage des rôles et les modalités de coopération entre les différents niveaux territoriaux restent à clarifier, l'extension du principe de subsidiarité territoriale à l'adaptation du secteur de l'eau et son institutionnalisation restent à développer. L'enjeu est d'éviter les incohérences et les surcoûts dans la mise en œuvre des politiques, d'organiser les activités sur le territoire en fonction de l'évolution des ressources moyennes interannuelles, mais également afin de mieux gérer les catastrophes naturelles liées à l'eau. Ceci demande une action coordonnée des pouvoirs centraux et locaux avant, pendant et après les crises. Par ailleurs, les ressources financières nationales et internationales sont très souvent difficiles d'accès pour les organismes de gestion et les collectivités locales, alors que leur ancrage territorial leur confère de bonnes connaissances sur les besoins et les priorités. Enfin, les politiques d'adaptation sont encore le plus souvent définies au niveau national et présentent le risque de se transformer en démarches normatives laissant peu de marges de manœuvre aux acteurs locaux pour concevoir et s'approprier des solutions en phase avec les réalités locales.

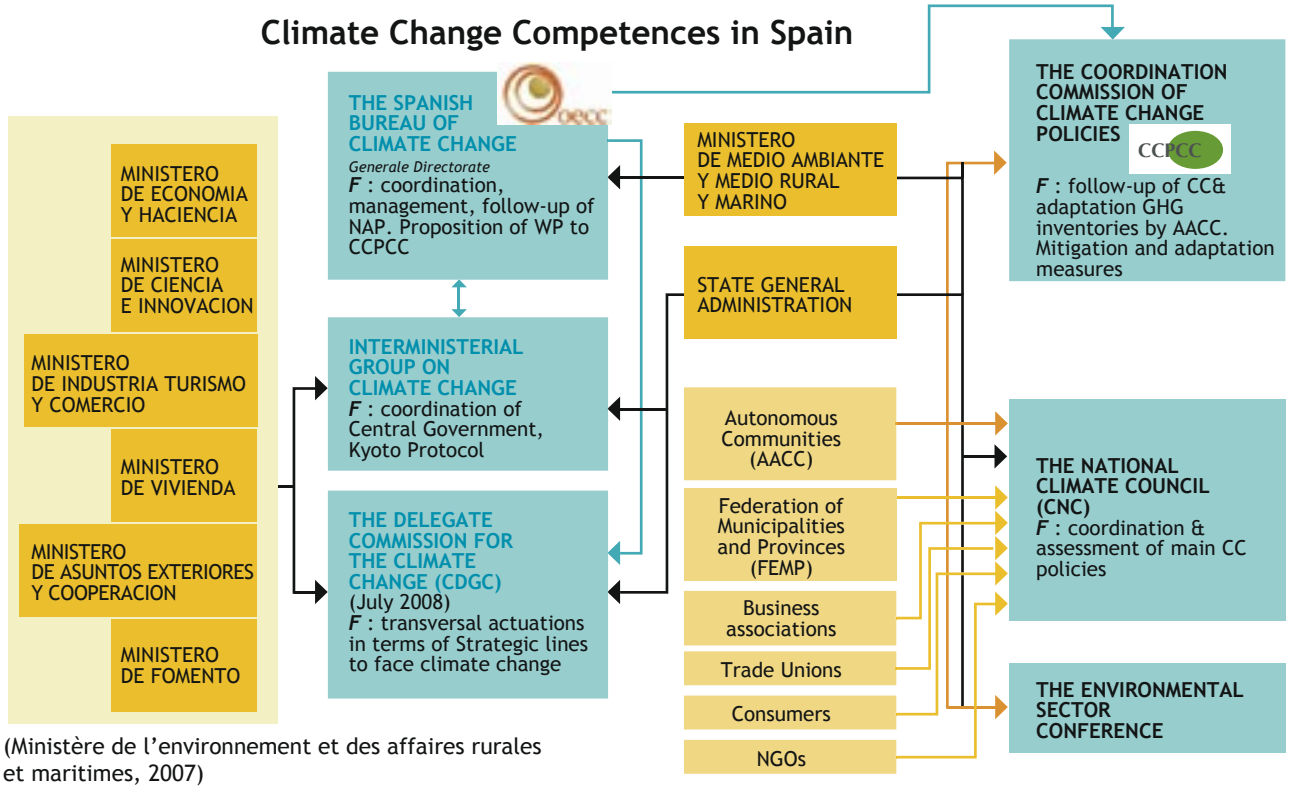
Certaines mesures institutionnelles sont engagées par les pays, comme par exemple en France avec l'adoption de la loi Grenelle II qui oblige les régions et les collectivités de plus de 50 000 habitants à se doter d'ici 2012 de Schémas régionaux climat-air-énergie (SRCAE) et de Plans climat-énergie territoriaux (PCET). Ces documents de planification des politiques locales sur le climat devront comporter un volet « adaptation » et devraient être l'occasion de clarifier l'organisation des responsabilités et leurs

Figure 15 : Mise en place du cadre institutionnel de l'adaptation du secteur de l'eau



(1= marginale ; 2 = faible ; 3 = modérée ; 4 = importante ; 5 = très importante)

Figure 16 : Coordination institutionnelle du Plan national d'adaptation en Espagne



(Ministère de l'environnement et des affaires rurales et maritimes, 2007)

articulations entre les différents échelons territoriaux. Il en est de même de l'intégration de l'adaptation dans les plans de gestion des bassins versants qui devra être effective à partir de 2015 pour les pays de l'UE (Directive Cadre sur l'Eau, DCE).

Sur le plan de la concertation et de la participation du public et des acteurs locaux

Une stratégie d'adaptation demande de la transparence sur les données climatiques, les incertitudes et les risques encourus, et requiert de reconnaître les divergences d'intérêt entre acteurs ainsi que de gérer les enjeux d'équité, les rapports de forces entre gagnants et perdants potentiels, notamment sur les niveaux de risque et de coût que ceux-ci sont prêts à assumer individuellement et collectivement (Magnan et al., 2009).

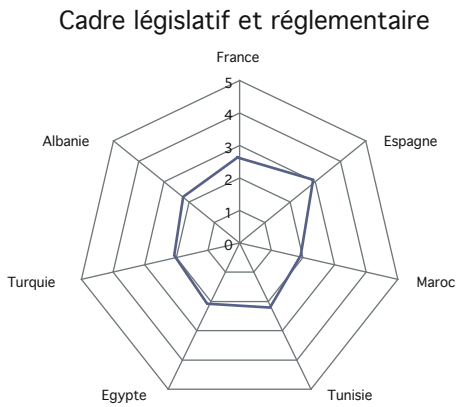
On observe une asymétrie assez nette entre les pays de l'UE et ceux de la rive Sud et Est. Pour les premiers, de nombreux mécanismes de concertation et de participation ont été développés ou sont en cours d'institutionnalisation, tant au niveau national que local (exemple des Collèges du Grenelle en France, du Forum de l'adaptation en Espagne, des comités de bassins, commissions locales de l'eau, processus de consultations directes, etc.). Leur efficacité doit encore être évaluée. Pour les autres, si des progrès encourageants sont enregistrés, l'adaptation reste encore une question de spécialistes et d'experts. Les opportunités pour les différents acteurs de la société civile, du secteur privé et pour les usagers de contribuer au débat et à la prise de décision demeurent encore limitées. La résilience des systèmes de gestion de l'eau réside pourtant en grande partie dans la capacité de ces acteurs à adapter leurs pratiques et à identifier et mettre en œuvre collectivement des solutions opérantes et robustes.

Mesures législatives et réglementaires

Le développement d'un cadre législatif et réglementaire effectif est un bon indicateur de la volonté et de l'engagement politiques des Etats en faveur de l'adaptation.

Les progrès enregistrés dans ce domaine sont modestes et concernent principalement les pays de l'UE (Figure 17).

Figure 17 : Mise en place du cadre législatif et réglementaire de l'adaptation du secteur de l'eau



(1 = marginale ; 2= faible ; 3 = modérée ; 4 = importante ; 5 = très importante)

L'état des lieux dans ce domaine est abordé selon trois dimensions du cadre d'analyse :

- L'adaptation des cadres législatifs nationaux,
- La modification de la réglementation sur l'eau (droits, permis et autorisations),
- La prise en compte de l'adaptation dans les traités transfrontaliers et leurs dispositions juridiques.

Développements législatifs au niveau national

Si la plupart des stratégies nationales d'adaptation analysées reconnaissent la nécessité de mettre à jour le cadre juridique de la gestion de l'eau, seules la France et l'Espagne ont entamé des démarches en ce sens.

En France, ces avancées sont récentes : La Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 prend en compte l'adaptation au changement climatique dans la gestion des ressources en eau.

Les lois Grenelle I et II (adoption définitive le 30/06/2010) prévoient :

- la transposition en droit français de la directive cadre de l'UE sur les risques d'inondation. Des cartographies des surfaces inondables et des risques d'inondation devront être réalisées pour l'ensemble des territoires à risque d'inondation important. La directive inondation prévoit que ces cartographies devront être actualisées de façon périodique (tous les 6 ans) et prendre en compte les effets du changement climatique.
- La mise en place des trames vertes et bleues via les modifications du code d'urbanisme et l'élaboration de Schémas régionaux de cohérence écologique d'ici 2012,
- L'obligation pour les départements, les communautés urbaines, les communautés d'agglomération ainsi que les communes et les communautés de communes de plus de 50 000 habitants, d'adopter un plan climat-énergie territorial pour le 31 décembre 2012. Ces documents sont censés assurer la déclinaison des mesures du PNA au niveau territorial.

L'Espagne a également apporté des modifications à sa législation suite à l'adoption de son Plan hydraulique national en 2007. Celles-ci portent notamment sur la nécessité d'intégrer le changement climatique dans les études d'impact environnemental des projets hydrauliques et la mise en place de plans de gestion de la sécheresse.

Les autres pays n'ont pas encore initié de processus d'actualisation de leurs textes législatifs qui soit directement motivé par les enjeux climatiques. Une initiative est toutefois en cours en Tunisie où un premier inventaire du cadre juridique actuel a été conduit, dans la perspective d'identifier et d'évaluer la contribution de chaque texte à l'adaptation au changement climatique, y compris ceux relatifs à l'eau. On notera en effet que certaines avancées législatives récentes dans le cadre plus général de la mise à niveau du secteur de l'eau vont dans le sens de l'adaptation en introduisant des mesures " sans regret " efficaces. C'est le cas par exemple du Maroc et de la Tunisie avec le renforcement du code et de la police de l'eau.

Comme le souligne la stratégie tunisienne, une des premières mesures d'adaptation dans le domaine de l'eau consiste à appliquer de manière effective la législation en vigueur et la réglementation sur les usages. Or l'application des lois varie considérablement d'un pays à l'autre, en particulier dans les pays hors UE (Kaufmann & al., 2009). Dans ces pays, l'application de la législation se heurte à plusieurs d'obstacles :

- L'absence de décrets permettant la mise en œuvre des dispositions législatives ;

- La faiblesse des procédures relatives aux demandes de prélèvement, au contrôle et aux sanctions en cas d'infraction ;
- L'insuffisance des prérogatives et des pouvoirs de police conférés aux autorités en charge de l'eau ;
- Le manque de moyens humains et financiers pour assurer les missions de contrôle et de suivi dans le cadre de la police de l'eau ;
- Les pratiques de corruption ;

Peu d'informations ont pu être collectées sur l'adaptation de la réglementation de la gestion des eaux. Cependant, la revue de la littérature et la consultation d'experts à ce sujet semblent indiquer que les normes et règlements encadrant l'utilisation et la gestion de l'eau sont encore peu influencés par la question de l'adaptation.

Dans les pays de l'UE, des efforts sont cependant en cours, notamment dans le domaine du renforcement du code juridique relatif à la prévention des risques d'inondation et de délimitation des zones inconstructibles et de leurs servitudes. De même, la question de la révision des normes et des dispositions juridiques concernant le dimensionnement et la construction des ouvrages hydrauliques (barrages, digues, canaux, etc.) figure également en bonne place dans les réflexions nationales. En France, les travaux préparatoires à l'élaboration du Plan national d'adaptation ont permis de dégager des premières pistes de développement réglementaire dont certaines concernent directement l'eau.

Accords internationaux sur des bassins transfrontaliers

Au niveau des bassins transfrontaliers méditerranéens, aucun des accords existants dans le groupe de pays analysés n'intègre de dispositions clairement motivées par le changement climatique. Des mécanismes de gestion concertée de la variabilité existent dans le cas de l'Espagne (Convention d'Albufera avec le Portugal) et de la France (Rhin, Meuse), mais ceux-ci ont été élaborés selon l'hypothèse de stationnarité hydrologique. Par ailleurs, une étude récente a montré l'inadéquation entre les possibilités offertes par les outils de modélisation hydrologique disponibles et la précision requise par la plupart des règles de partage de l'eau inscrites dans les accords internationaux (UNECE 2009). Néanmoins, des initiatives visant à rendre les règles de partage de la ressource entre pays riverains plus flexibles face à l'augmentation de la variabilité intra et interannuelle sont en cours dans certains bassins non-méditerranéens et méritent, à ce titre, d'être soulignées. Ainsi en 2008, l'Espagne et le Portugal ont introduit une disposition dans les accords d'Albufeira afin de permettre un ajustement permanent des débits des 4 fleuves partagés (Minho, Douro, Tejo et Guardiana) en fonction de l'évolution des précipitations à des pas de temps (mensuel, hebdomadaire et journalier) permettant de tenir compte de la variabilité intra-annuelle.

Un autre exemple d'initiative cherchant à répondre à ces questions est le projet de Stratégie d'adaptation du bassin du Nil qui est actuellement à l'étude (cf. 3.2, p.39). Celle-ci fait suite à une décision prise par le Comité du Bassin du Nil en 2008. Cette démarche n'a pas encore de portée légale puisqu'un accord multipartite est en cours de négociation. Elle contribue cependant à faire en sorte que le changement climatique et des mécanismes de réponses efficaces soient parties intégrantes du futur accord.

Les instruments économiques de l'adaptation

Les différents travaux conduits au niveau international ont montré qu'en général un investissement même modeste dans l'adaptation permettrait de diminuer significativement les coûts, par rapport à l'inaction. Ce constat vaut tout particulièrement pour le secteur de l'eau. A l'échelle mondiale, les coûts annuels d'adaptation du secteur sont estimés entre 9 et 11 milliards de dollars pour l'année 2030, dont 85 % concernent uniquement les pays en développement (UNFCCC 2007). Bien qu'encore assez grossières et limitées sur le plan méthodologique, ces évaluations donnent des ordres de grandeurs qui indiquent que d'importants efforts financiers seront nécessaires dans le secteur de l'eau, demandant de réorienter les financements actuels et de mobiliser des ressources additionnelles à travers des dispositifs innovants.

Les coûts d'adaptation sont au moins autant liés à l'augmentation de la vulnérabilité (exposition et sensibilité) des personnes, des biens et des activités économiques, qu'à l'augmentation des aléas. Dans le cas du risque d'inondation, le premier facteur pourrait même être prépondérant dans les prochaines décennies, en particulier dans les PSEM en raison de la très forte croissance urbaine et de la pression foncière associée qui pousse les ménages les plus modestes à s'installer dans les zones les plus exposées (lit majeur des cours d'eau, versants instables…). Cet accroissement de la vulnérabilité rend donc légitime un partage des coûts de l'adaptation et justifie le recours à des outils et des sources de financement publics et privés.

Plusieurs types d'outils économiques et financiers existent en matière d'adaptation de la gestion de la ressource et du secteur de l'eau, comprenant notamment (OCDE, 2008) :

- Les aides et les programmes de financement publics internationaux et nationaux ;
- Les dispositifs basés sur la fourniture d'un signal-prix, comme la tarification de l'eau ;
- Les systèmes de mutualisation et de partage du risque, comme les assurances contre les risques hydro-météorologiques (sécheresses, inondations, etc.) ;
- Les mécanismes de marchés tels que l'échange de droits d'eau ou le paiement des services écosystémiques (PSE) ;
- Les investissements privés via notamment les partenariats public-privé (PPP) ;
- Les mesures incitatives, réglementaires ou fiscales (comme la conditionnalité de certaines aides, la mise en place de quotas ou la défiscalisation des investissements).

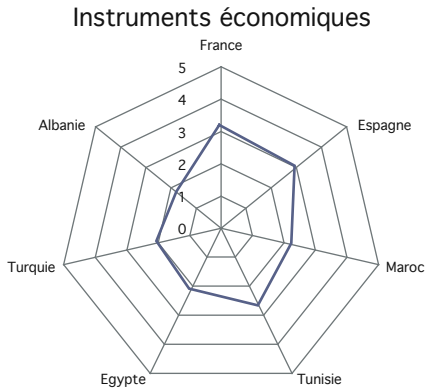
Ces différents instruments sont souvent mis en avant dans le débat sur l'adaptation. Ils sont considérés comme étant plus efficaces que les mesures techniques jugées plus coûteuses et moins flexibles. Bien conçus et adaptés aux conditions économiques, techniques et sociales des pays, ils peuvent jouer un rôle efficace en faveur de l'adaptation, en mobilisant notamment les ressources nécessaires en direction des groupes les plus vulnérables, en corrigeant les biais du marché et les insuffisances d'une adaptation exclusivement privée et spontanée, en créant les incitations nécessaires pour une allocation plus efficiente des ressources, ou encore en encourageant l'adoption de comportements préventifs face à l'accroissement des risques et des incertitudes.

Des outils encore peu mobilisés au service de l'adaptation

En dépit de la très grande vulnérabilité de la région, l'examen des situations dans les différents pays montre que les progrès réalisés en matière de développement d'instruments économiques pour l'adaptation en général, et celle du secteur de l'eau en particulier, restent encore modestes (Figure 18).

En effet, les nombreux instruments forgés dans le cadre des politiques nationales de financement et de gestion de la ressource (comme la tarification de l'eau en agriculture ou les systèmes d'assurance contre les crues), ont été mis en place indépendamment de la question du changement climatique et ne ciblent pas directement l'adaptation. De plus, en règle générale, la mise en œuvre et les performances de ces outils restent encore sous-optimales, voire largement insuffisantes dans les PSEM (cas par exemple de la tarification de l'eau ou du système assurantiel contre les risques naturels). Ceci limite la capacité des dispositifs existants à faire face aux impacts et aux coûts additionnels du changement climatique, comme le montre l'analyse de la situation, des perspectives et des conditions de mise en œuvre de trois de ces outils : les mécanismes de financement public, les régimes d'assurance et les politiques de tarification de l'eau.

Figure 18 : Mise en place des instruments économiques de l'adaptation du secteur de l'eau



(1= marginale ; 2= faible ; 3 = modérée ; 4= importante ; 5= très importante)

Mécanismes de financement public

La plupart des économistes estiment que l'argent public est légitime pour financer l'adaptation au changement climatique, même s'il génère essentiellement des biens privés. Selon la CCNUCC (UNFCCC, 2007), la mise en place de systèmes d'adaptation financés par le privé risque d'être insuffisante, en particulier dans les pays en développement, du fait du déficit d'information disponible sur le futur, des difficultés à appréhender le long terme par les agents privés, de leurs capacités d'investissement limitées ou encore pour des raisons d'équité et d'efficacité (De Perthuis et al., 2010). Pour le secteur de l'eau, bien commun par nature, la finance publique a un rôle crucial à jouer pour entretenir les infrastructures existantes ou en développer de nouvelles, soutenir la recherche fondamentale, faciliter la production et la diffusion de l'information climatique (prévisions saisonnières, projections climatiques, analyse de risques, etc.), promouvoir l'adoption de nouvelles technologies (par exemple dans l'irrigation) ou pour investir dans des mesures de prévention et garantir l'indemnisation des populations et des entreprises en cas de catastrophe naturelle. Ce type de financement peut prendre diverses formes (programmes de

subventions et d'aides financières, fonds d'assistance et d'investissement...) et relever de dispositifs nationaux ou internationaux.

Concernant les pays de l'échantillon, le financement public spécifiquement dédié à l'adaptation reste confiné à l'intervention de fonds d'aide supra nationaux : fonds européens pour les pays de l'UE et assistance internationale multi ou bilatérale pour les PSEM (Fonds Adaptation du Fond pour l'environnement mondial (FEM), de la Banque Mondiale, de l'UE, du Fond français pour l'environnement mondial (FFEM), etc.).

En ce qui concerne les PSEM, cette prédominance de l'aide internationale s'explique notamment en raison de capacités financières limitées, mais également de la position de ces pays dans les négociations de la CCNUCC au sujet de la responsabilité du financement de l'adaptation au niveau international. Les PSEM, et les pays en développement en général, considèrent en effet que les pays industrialisés sont à l'origine du phénomène de changement climatique et que par conséquent le coût de l'adaptation et son financement doivent leur incomber selon le principe "pollueur-payeur". Bien que légitimes et aujourd'hui largement acceptés par les pays développés, le principe de solidarité internationale et les mécanismes financiers afférents se heurtent à plusieurs contraintes opérationnelles qui limitent considérablement le financement de l'adaptation du secteur de l'eau.

Les ressources nationales et internationales sont insuffisantes et/ou insuffisamment mobilisées. Dans le deuxième cas, le problème viendrait davantage d'un mauvais pilotage des fonds publics que de leur faiblesse, réduisant la capacité d'absorption des pays.

S'agissant des fonds de la CCNUCC gérés par le FEM, la notion d'additionnalité a souvent été le principal critère conditionnant l'éligibilité des requêtes de financement. Ce concept pose problème car il rend particulièrement fastidieuses l'élaboration et la justification des projets et exclut de facto les mesures "sans regret" qui sont souvent un préalable indispensable à toute politique d'adaptation, même si elles ne peuvent pas en être le seul composant. Une autre contrainte réside dans le fait que l'eau est considérée par ces différents fonds comme un secteur et non pas comme le vecteur central par lequel se manifestent et s'amplifient les impacts du changement climatique sur les autres secteurs économiques (agriculture, tourisme, santé, etc.). Par conséquent, l'eau doit souvent entrer en concurrence avec d'autres secteurs pour accéder à des ressources déjà très insuffisantes. Enfin, l'allocation des ressources à travers ces fonds se fait majoritairement selon une approche "projet" qui engendre très souvent un saupoudrage des aides et une fragmentation des interventions. Les approches "programmatiques" restent insuffisamment soutenues par ces fonds, en dépit des nombreux avantages qu'elles présentent (vision stratégique de long terme, cohérence des politiques et des réformes, prédictibilité des financements, efficacité et impacts des investissements accrus, etc.).

Qu'il s'agisse des pays du Nord ou du Sud et de l'Est de la Méditerranée, la mise en place de dispositifs nationaux de financement apparaît aujourd'hui incontournable. Comme le soulignent les travaux préparatoires du Plan d'adaptation de la France, cela nécessitera certes de nouveaux types de financement mais il s'agira aussi de rechercher à minimiser les besoins en financement supplémentaire, dans un contexte de crise économique et de réduction des dépenses publiques. Les financements existants peuvent dans ce cadre apporter une contribution importante aux politiques d'adaptation à travers leur réorientation, conditionnement et optimisation afin de mieux tenir compte des impacts du changement climatique et d'éviter les risques de "maladaptation".

En outre, il est important de rappeler trois éléments indispensables à la mise en place et à l'efficacité de dispositifs de financements publics (et privés) au niveau national. Le premier concerne la nécessité de mieux connaître les besoins financiers pour l'adaptation du secteur de l'eau. Cela passe par des évaluations suffisamment précises des coûts des impacts et des mesures pour y faire face, ainsi que de leur répartition aux niveaux sectoriel, géographique mais également social et temporel. Or, les évaluations disponibles sont principalement le fruit d'études mondiales ou régionales qui utilisent des hypothèses et des méthodologies très différentes, ce qui limite leur portée opérationnelle au niveau national. Le second porte sur l'impératif d'augmenter les capacités d'absorption des acteurs du secteur qui restent encore faibles dans les PSEM. Cela passe notamment par des politiques ambitieuses de renforcement des capacités techniques et humaines ainsi que par l'amélioration de la gouvernance institutionnelle du secteur. Enfin, le troisième élément milite en faveur d'une plus grande implication des collectivités territoriales dans les politiques de financement. Dans le cadre des processus de décentralisation à l'œuvre dans de nombreux pays méditerranéens, les collectivités voient en effet se développer progressivement leurs prérogatives et leurs moyens d'intervention dans le domaine de l'eau.

Régimes d'assurance et de transfert du risque

Les mécanismes d'assurance et de réassurance peuvent également jouer un rôle important dans

l'adaptation. Face à des évènements hydrologiques extrêmes (sécheresse, inondation, etc.), ils permettent de mutualiser le risque en partageant le coût des dommages au sein d'un large groupe de bénéficiaires potentiels ou en transférant le risque vers les marchés financiers nationaux ou internationaux dans le cas de certains produits assurantiels innovants (dérivés climatiques, assurances indicielles, obligations catastrophes, …). En outre, en attribuant un prix au risque, le développement de l'assurance peut également contribuer à rendre celui-ci plus concret et encourager l'adoption de comportements plus préventifs. En effet, lorsque les primes et franchises d'assurance/réassurance sont fonction du niveau d'exposition au risque, elles peuvent permettre de fournir un signal-prix aux souscripteurs et les inciter à prendre des mesures de réduction de la vulnérabilité des biens et des actifs.

Dans les différents pays étudiés, les régimes d'assurance des risques naturels existants sont généralement mixtes, mi-privés mi-publics, composés d'un dispositif assurantiel contractuel classique pour les risques considérés comme assurables, complétés par un régime d'indemnisation des catastrophes naturelles public basé sur la solidarité nationale destiné à couvrir les dommages non-assurables et, dans certains cas comme la France, à garantir la réassurance.

Dans les pays hors UE, le régime assurantiel public représente une large part de la couverture des risques naturels. Le marché privé de l'assurance est peu développé, comme par exemple au Maroc et en Albanie qui ne possèdent pas encore de régime d'assurance obligatoire pour ce type de risque. Dans ces pays, le développement du marché de l'assurance est freiné du fait :

- de contraintes institutionnelles et de l'absence de cadre réglementaire adapté (comme par exemple l'obligation d'assurance de certains types de risques ou d'activités) ;
- du manque d'attractivité du marché dû à la faible possibilité de contribution des ménages et parfois d'une demande insuffisante compte tenu de l'importance des interventions directes de l'Etat par le biais de la solidarité nationale ;
- de l'absence de réglementation efficace limitant l'exposition des biens et des personnes et permettant de maintenir les dommages potentiels à des niveaux indemnisables et donc assurables par les compagnies d'assurance.

Néanmoins, des efforts visant à lever ces obstacles sont actuellement engagés dans plusieurs pays. Ainsi, le Maroc étudie un projet de loi relatif aux risques catastrophiques et l'Albanie devrait avoir accès à un régime d'assurance contre les risques et catastrophes naturels grâce à l'aide de la Banque mondiale à travers, notamment, le Fonds d'assurance contre les catastrophes mis en place à l'échelle des pays du Sud-est de l'Europe.

Quel que soit le niveau de développement de l'assurance, le changement climatique risque d'influer fortement sur l'évolution du secteur et sur le rôle joué par la puissance publique. Tout d'abord, l'augmentation de l'occurrence et de l'intensité des aléas (en particulier les aléas à faible probabilité et à fort impact) mais également des vulnérabilités socio-économiques devrait conduire à une augmentation significative des coûts des dommages et donc de l'indemnisation, avec pour effet d'accroître les besoins en capital des assureurs et des réassureurs afin de se prémunir contre les risques de faillite. Ensuite, le caractère fortement incertain et non-stationnaire du climat risque de rendre caduques les approches et outils d'analyse actuarielle généralement utilisés pour la détermination des risques et le calcul des primes (OCDE, 2008). Du point de vue des compagnies d'assurance, ces éléments concourront à rendre l'activité d'assurance plus risquée qu'elle ne l'était par le passé, ce qui devrait se traduire par un renchérissement des primes d'assurance, voire le refus de couverture de certains types de risques devenus trop difficiles à évaluer. Une telle évolution pourrait à terme devenir prohibitive pour les acteurs les plus modestes et mettre à mal l'équité du système. Afin de maintenir les risques et leurs tarifs à des niveaux assurables et abordables pour le plus grand nombre, l'intervention publique pourrait être nécessaire en finançant par exemple des actions de réduction de la vulnérabilité (prévention) ou en prenant en charge par le biais de la solidarité nationale et de la réassurance les événements naturels et les sinistres de très grande ampleur.

Politiques de tarification de l'eau

Un des objectifs de l'adaptation en Méditerranée est de promouvoir l'utilisation rationnelle et durable des ressources - actuellement en voie de raréfaction dans de nombreux pays - et d'assurer une efficience maximale dans leur allocation et leur valorisation économique. La tarification de l'eau peut constituer un levier important à cet égard. Avec une structure tarifaire adéquate, le prix de l'eau peut contribuer à créer un signal de rareté de la ressource et à inciter aux économies et à la maîtrise de la demande dans les régions les plus sévèrement touchées par la baisse de la pluviométrie.

La tarification tend aujourd'hui à se généraliser dans les pays méditerranéens, en particulier dans le secteur agricole qui représente plus de 80 % de la demande totale en eau des PSEM et les deux tiers du potentiel d'économies d'eau de la région méditerranéenne. Elle poursuit généralement un double objectif de recouvrement plus ou moins total des coûts du service de distribution aux usagers et, dans une moindre mesure, de réduction de la demande (Thivet et Blinda, 2009). Si le premier aspect reste prépondérant dans le relèvement des tarifs de l'eau, le second est de plus en plus présent, non seulement dans les pays de l'UE mais également dans des pays comme le Maroc, la Turquie et surtout la Tunisie qui s'est engagée ces dernières années dans une politique tarifaire incitative. D'une manière générale, la tarification poursuivant des objectifs d'adaptation ne diffère pas significativement de la tarification courante de l'eau, si ce n'est qu'elle vise à renforcer le signal prix et l'effet incitatif de la tarification en complétant la structure tarifaire existante de manière à tenir compte de l'exposition aux variations climatiques de chaque secteur de consommation (agriculture, particuliers, industrie, tourisme,…). En Tunisie, la stratégie d'adaptation de l'agriculture propose d'instaurer sur ce modèle une tarification "climatique" de l'eau qui viendrait se rajouter aux tarifs actuels et qui serait modulable afin de refléter l'effet du changement climatique sur la variabilité et l'évolution spatio-temporelle des régimes pluviométriques. Dans les autres pays étudiés, la tarification est également mise en avant en tant qu'outil économique privilégié de l'adaptation de la demande, en particulier agricole, et du maintien de l'équilibre offre/demande.

Concernant les autres types d'instruments évoqués, en introduction une revue détaillée n'a pu être conduite dans le cadre de cette étude. Quelques constats se dégagent néanmoins de l'analyse du groupe de pays :

Les marchés des droits d'eau et l'échange de permis de prélèvements sont quasiment inexistants de manière formelle. Ils sont néanmoins proposés par la stratégie d'adaptation tunisienne à travers la mise en place d'un marché d'échange de certificats "bleus" dans certains périmètres irrigués pilotes. Cet outil reste cependant extrêmement sensible politiquement et son efficacité contestée (Barraqué, 2002).

Les systèmes de paiements des services des écosystèmes (PSE) pour l'adaptation sont inexistants sous une forme opérationnelle. La France et la Tunisie proposent néanmoins d'explorer cette piste afin de valoriser les services rendus par les écosystèmes et leur rôle d'infrastructures naturelles pour l'adaptation.

Les partenariats publics privés sont envisagés dans plusieurs pays, en particulier dans le domaine de l'adaptation des infrastructures d'eau urbaines, de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) ou du dessalement. En retour, il serait nécessaire d'évaluer et de prendre en compte les effets de certaines mesures d'adaptation, comme le dessalement par exemple, sur le changement climatique. Les réflexions actuelles s'inscrivent dans le cadre des accords de délégation de certains services d'eau et d'assainissement à des opérateurs privés. Ainsi, dans le cadre du projet "Adaptation des villes côtières d'Afrique du Nord au changement climatique" financé par la Banque Mondiale, des études et réflexions sont en cours à Casablanca et à Rabat en partenariat avec la LYDEC et la REDAL, gestionnaires délégués du service, avec pour objectif d'évaluer les besoins d'adaptation des infrastructures d'eau et d'assainissement, de caractériser la nature et le volume des investissements à réaliser et, le cas échéant, d'étudier les modalités de la prise en compte de ces nouvelles contraintes dans les contrats de délégation de service en cours.

Des instruments à utiliser dans certaines conditions

Les différents outils financiers présentés constituent des leviers importants pour l'adaptation. Néanmoins, leur mise en œuvre doit tenir compte d'un certain nombre de conditions et de limites afin d'assurer leur pleine efficacité et leur équité sur le plan social.

Les dispositifs de financement public de l'adaptation et les produits assurantiels présentent un risque "d'aléa moral" voire de maladaptation s'ils sont mal calibrés. En effet, le financement de certaines activités ou l'indemnisation par l'Etat des dommages liés aux catastrophes naturelles pourrait inciter les acteurs à maintenir des biens et des usages fortement vulnérables aux extrêmes hydrologiques plutôt que d'investir dans des mesures de prévention visant à réduire ou éliminer cette vulnérabilité (voir stratégies de type A, B, et C du Tableau 2). De même, un régime assurantiel basé sur des taux de primes uniformes et ne reflétant pas le niveau de risque encouru peut créer une "incitation perverse" et amener les assurés à ne pas modifier, voire même à augmenter leur prise de risque, par rapport à la situation où ils supporteraient entièrement les conséquences négatives d'un sinistre (OCDE, 2008). Ce cas de figure est généralement dominant dans les pays étudiés où aucune modulation de primes en fonction des risques de catastrophes naturelles n'est pour l'instant appliquée. Le défi à relever par les Etats est donc de mettre en place des systèmes équilibrés qui permettent à la fois de garantir au plus grand nombre l'accès à une assurance et une indemnisation efficaces tout en veillant à ce que les

tarifs de cette même couverture induisent un signal-prix suffisamment incitatif et propice à l'adoption de comportements responsables et préventifs. Des réflexions en ce sens sont néanmoins engagées dans plusieurs pays, notamment en France où un rapport du Ministère en charge de l'environnement (MEEDDM, 2009) montre que des solutions couplant solidarité nationale et modulation de primes pour refléter les niveaux de risque sont envisageables.

La tarification dans une perspective d'adaptation est confrontée aux mêmes contraintes de mise en œuvre que la tarification courante. La faisabilité et le succès de ce type d'instruments sont fonction de considérations techniques, politiques, économiques et sociales. Dans le domaine agricole par exemple, l'efficacité de la tarification sur la dynamique de la demande en eau d'irrigation reste une question complexe qui dépend de plusieurs facteurs tels que la présence ou non de sources d'eau alternatives et gratuites (comme les eaux souterraines), des techniques d'irrigation utilisées, du poids du coût de l'eau par rapport à la marge dégagée par les cultures, et des caractéristiques tarifaires : niveau du prix initial, importance de la hausse des tarifs et modalités de mise en œuvre dans le temps (Thivet et Blinda, 2009). En outre, les implications sociales de la tarification ne doivent pas être perdues de vue lors de l'instauration de ce type d'outil car elles influenceront en grande partie son acceptabilité auprès des usagers. A cet effet, les revenus des ménages et des agents économiques, en particulier ceux les plus fragiles, doivent être correctement pris en compte dans la révision de la structure tarifaire et dans les modalités de sa mise en œuvre. Ceci peut nécessiter la mise en place de dispositifs de tarification sociale, de compensation (allégement d'autres charges et taxes) ou de péréquation. En outre, la tarification ne saurait constituer une panacée pour gérer les impacts quantitatifs du changement climatique, notamment dans des situations de déficit sévère, ponctuel ou chronique, pour lesquelles l'effet incitatif de l'outil tarifaire risque de ne pas être suffisant. Afin d'assurer une régulation adéquate de la demande en toutes circonstances, la tarification nécessite d'être complétée par d'autres types de mesures, en particulier le recours aux normes et aux règlements (restrictions d'eau lors d'épisodes de sécheresse, allocation de quotas, contrôle des prélèvements et police des eaux, etc.).

Systèmes d'information et de gestion des connaissances

Face à l'ampleur et à la complexité des changements hydrologiques, gérer l'eau demande plus que jamais d'améliorer la manière dont les décisions d'aménagement et d'investissement sont prises. Ceci passe par une meilleure intégration, diffusion et utilisation de l'information météorologique (veille climatique, observations radar et satellitaire, mesures hydrologiques) ainsi que par le développement de produits et services climatiques adaptés aux besoins des gestionnaires et des usagers. C'est là une des recommandations phares de la 3ème Conférence mondiale sur le climat (CMC-3) organisée en septembre 2009 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

Cette capacité à générer et utiliser l'information et les connaissances sur les évènements extrêmes et les changements climatiques à plus ou moins long terme est un facteur déterminant de l'adaptation et concourt directement à accroître la résilience des systèmes de gestion de l'eau.

L'enjeu pour les acteurs de l'eau pourrait donc se résumer de la manière suivante : fournir une information pertinente aux utilisateurs directement concernés, au bon moment, et en explicitant le niveau d'incertitude.

Répondre à cet enjeu requiert de :

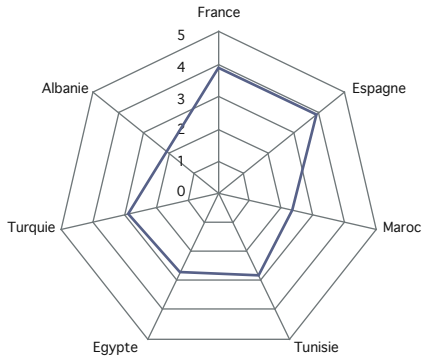
- Se doter de systèmes d'observation, de vigilance et de prévision permettant de rendre compte de l'évolution des paramètres météorologiques et hydrologiques en temps réel, et également de produire des prévisions et des alertes à court, moyen et long termes à mesure que le climat évolue et que la science se développe ;
- Disposer d'outils permettant d'analyser les données produites et de générer des informations utiles à la décision (mise à disposition et diffusion auprès des publics cibles, dans des formats opérationnels).
- Codifier, gérer et diffuser l'information relative aux impacts et à l'adaptation afin de faciliter la capitalisation, le changement de pratiques et, in fine, la gestion adaptative du secteur.

L'analyse des 7 pays retenus révèle des situations assez variées sur ces 3 critères (Figure 19).

Concernant le premier aspect, si la France et l'Espagne disposent de capacités d'observation et d'un réseau de surveillance et d'alerte hydrologique et météorologique très développés (complétés par plusieurs dispositifs européens), les autres pays connaissent un développement insuffisant, voire un déclin, de leurs moyens d'observation et de veille. Le cas de l'Albanie est particulièrement alarmant avec un système de suivi hydrométéorologique tombé en désuétude à partir des années quatre vingt-dix.

Figure 19 : Mise en place de systèmes de production, de gestion et d'utilisation de l'information et des connaissances sur le climat et l'adaptation

Gestion de l'information et des connaissances



(1 = marginale ; 2= faible ; 3 = modérée ; 4 = importante ; 5 = très importante)

Conscients de l'importance de l'information climatique dans la mise en œuvre de l'adaptation, les pays tendent à mettre en œuvre des actions de mise à niveau assez conséquentes, par exemple en mettant en place des systèmes de veille et d'alerte au niveau régional et national. Par ailleurs, bon nombre des pays étudiés s'engage de plus en plus fortement dans des initiatives internationales ou régionales relatives au renforcement des capacités d'observation et d'alerte.

S'agissant des deux autres critères, le besoin d'assurer un meilleur interfaçage entre sphère scientifique et sphère de la prise de décision bénéficie d'une reconnaissance croissante de la part des pays. Plusieurs démarches sont en cours visant par exemple le développement de produits et services climatiques ciblés sur les besoins des utilisateurs finaux, l'accès à des scénarios régionalisés, comme le projet DRIAS[1] en France, ou promouvant l'échange de données sur le climat et de bonnes pratiques d'adaptation entre acteurs territoriaux et sectoriels.

Malgré les progrès enregistrés, la situation présente des marges de progression importantes, en particulier dans les domaines suivants :

- les réseaux d'observations et de mesures souffrent d'un manque d'entretien et de financement et ne couvrent que partiellement les zones particulièrement vulnérables au niveau national ("zones aveugles" encore nombreuses, par exemple les régions oasiennes du Sud du Maroc) ;
- les systèmes de veille et d'alerte précoce et de réponse à la sécheresse et aux inondations sont très insuffisants dans les PSEM et perfectibles dans les pays de l'UE, comme en témoignent en France les inondations dévastatrices survenues en juin 2010 sur une partie du territoire varois, qui n'est pas encore couvert par le réseau national de prévision et d'annonce de crues (SCHAPI) en dépit de la très forte vulnérabilité de la zone (Solletty, 2010);
- les capacités de modélisation climatique à l'échelle régionale et locale, en particulier aux horizons de long terme, sont encore limitées ;
- la recherche pour développer la connaissance sur le climat et les outils de modélisation et de traitement de l'incertitude mérite d'être davantage soutenue, en particulier dans les PSEM et dans des domaines comme la prévision décennale, les outils de descente d'échelle ou l'analyse fréquentielle des aléas en univers incertain ;
- les méthodes de couplage et d'interfaçage entre modèles climatiques et modèles hydrauliques et hydrologiques méritent d'être optimisées et largement diffusées ;
- les méthodes de télédétection et d'analyse satellitaire sont encore assez peu appliquées à l'étude de l'impact du changement climatique sur l'hydrologie ;
- les outils d'aide à la décision en matière d'évaluation des risques hydrologiques et d'adaptation de la planification de l'eau sont encore peu développés. Les agences en charge de la gestion de la ressource sont assez mal outillées dans ce domaine, au Nord comme au Sud. Globalement, la cartographie des risques hydrométéorologiques et des "hot spots" à l'échelle nationale reste très insuffisante en dépit de l'intérêt de ce type d'outils pour orienter les efforts d'adaptation ;
- une certaine inadéquation subsiste entre l'offre et la demande d'information sur le climat. La production de données par les chercheurs et les climatologues (sorties de modèles régionaux, prévisions saisonnières, projections climatiques décennales, etc.) ne tient pas suffisamment compte des besoins opérationnels des utilisateurs finaux. De même, ceux-ci ne sont pas suffisamment conscients de la plus-value qu'apportent les résultats/produits des travaux de recherche et de modélisation sur le climat. Le dialogue et la coopération entre l'amont et l'aval de la chaine d'information doit être encouragée ;
- en matière de mécanismes institutionnels de partage de l'information et des connaissances, les progrès sont encore faibles et doivent être accélérés. Par ailleurs, la production et la fourniture de données climatiques sont parfois

1. Projet visant la mise à disposition des scénarios climatiques régionalisés réalisés dans les laboratoires français de modélisation du climat.

considérées par les agences météorologiques comme un service payant, ce qui peut constituer un frein à leur accessibilité et à leur valorisation dans la prise de décision. Des réflexions sont à mener sur le statut de l'information climatique et les modalités de recouvrement de son coût de production.

- l'utilisation par les pays des données produites par les agences internationales n'est pas suffisante. Malgré les efforts de l'OMM, la coopération régionale doit être renforcée dans ce domaine.
- les moyens humains et techniques nécessaires à la gestion et l'anticipation des changements et des événements climatiques extrêmes sont insuffisants ; les institutions concernées fonctionnent trop souvent de manière cloisonnée et souffrent d'un manque de formation et de capacités techniques spécifiques dans le domaine de la production et de l'utilisation de l'information sur le climat.

Mesures techniques d'adaptation

En complément de l'analyse des aspects politiques, législatifs et institutionnels, une revue succincte de la mise en œuvre de mesures techniques d'adaptation a été conduite, à partir d'un large éventail de mesures d'ordres structurel et non structurel. Celles-ci sont regroupées en deux grandes catégories :

- Les outils de planification et de gestion territoriale de l'adaptation
- Les mesures techniques concernant :
  - la gestion de la rareté en eau et du risque de sécheresse
  - la gestion des risques d'inondation

Outils de planification et de gestion territoriale de l'adaptation

Les outils de planification concertée de la ressource au niveau des unités hydrauliques de gestion (bassins versants, nappes phréatiques), des territoires administratifs (régions, provinces, communes) ou des communautés locales (villages et associations locales) tendent à se développer en Méditerranée et sont perçus de plus en plus par les gestionnaires comme des instruments privilégiés de promotion et d'opérationnalisation de l'adaptation au niveau local. Ils reposent sur l'utilisation de scénarios climatiques et hydrologiques afin d'évaluer et d'intégrer les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation correspondantes dans les exercices de prospective et de planification de la gestion des ressources, des usages et de l'aménagement du territoire à moyen et long termes.

Au niveau de la planification de la ressource, diverses initiatives s'attachent à rendre les plans d'aménagement et de gestion des eaux des bassins versants ou les contrats de nappes plus résilients aux changements climatiques, selon une approche qualifiée de "climate-proofing" par les anglo-saxons. Dans les pays de l'UE, cette prise en compte des impacts du changement climatique est rendue désormais obligatoire par les récentes dispositions sur la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau. Pour le premier cycle de planification 2008-2015, la Commission européenne a mis en place une procédure de "climate-check" des programmes de mesures des Plans de gestion afin d'apprécier leur sensibilité aux impacts du changement climatique et les risques de maladaptation. Dans les second et troisième cycles de planification, une évaluation approfondie des impacts climatiques sur les ressources, les usages et la sécurité des biens et des personnes devra être intégrée aux plans de gestion ainsi qu'aux mesures d'adaptation correspondantes. De même, les plans de gestion des risques d'inondation et de sécheresse se développent, sous l'impulsion de la Directive Inondation dans les pays de l'UE, et dans le cadre d'initiatives pilotes, au Maroc notamment.

De la même manière, à mesure que les politiques de décentralisation administrative se développent, des outils de planification stratégique et territoriale de l'adaptation commencent à se mettre en place aux différents échelons de la gouvernance territoriale. L'aménagement du territoire constitue un déterminant important de l'utilisation de l'eau et de la vulnérabilité face aux risques. Prendre en compte les impacts hydrologiques du changement climatique dans les documents de planification territoriale s'avère donc être une mesure d'adaptation particulièrement cruciale. Aussi, au niveau infranational, certaines collectivités et autorités régionales s'engagent en faveur de l'adaptation comme c'est le cas en France par le biais de SRCAE, en Espagne via les Plans climat régionaux et au Maroc via les Plans Territoriaux contre le Réchauffement Climatique (PTRC). Au niveau municipal, des expériences prometteuses voient également le jour. Le projet de la Banque mondiale "Adaptation des villes côtières d'Afrique du Nord" appuie en ce sens le développement de plans d'adaptation et de préparation aux risques naturels au niveau des municipalités de Casablanca, de Tunis et d'Alexandrie.

En France, l'élaboration de PCET est désormais rendue obligatoire pour les collectivités de plus de 50 000 habitants. Aux niveaux communautaire et villageois, des outils comme "CRISTAL[1]" permettent de développer des plans communautaires d'adaptation

1. http://www.iisd.org/cristaltool/

Tableau 5 : Exemples de mesures et technologies d'adaptation disponibles dans le secteur de l'eau

Type d'usage		Du côté de l'offre	Du côté de la demande
Municipal/Domestique		• Augmenter la capacité des réservoirs (technologie matérielle) • Dessalement (technologie matérielle) • Transferts inter-bassins (technologie matérielle) • Modifier les règles de fonctionnement du système (technologie "immatérielle")	• Augmenter l'utilisation d'eau "grise", facilitée par ex. par l'usage de systèmes de filtration améliorée (technologie matérielle) • Réduire les pertes dans le système de distribution (technologie materielle) • Assainissement à sec (technologie materielle) • Prévision saisonnière (Technologie "immatérielle") • Normes de qualité de l'eau ayant un support légal (Technologie "immatérielle") • Gestion de la demande en eau (technologie "immatérielle")
Industriel et refroidissement des centrales thermiques		• Utilisation d'eau de plus faible qualité (technologie "immatérielle")	• Augmenter l'efficience de l'utilisation de l'eau et de son recyclage (technologie "immatérielle")
Hydroélectricité		• Augmenter la capacité des réservoirs (technologie matérielle)	• Augmenter l'efficience de usines (technologie matérielle) • Inciter à l'efficience énergétique (technologie "immatérielle") • Gestion de la demande en énergie (technologie "immatérielle")
Navigation		• Construire des barrages et des écluses (technologie matérielle) • Transports alternatifs (technologie matérielle)	• Modifier la taille des bateaux (technologie matérielle) et leur fréquence (technologie "immatérielle")
Contrôle de la pollution		• Améliorer les systèmes de traitement (technologie matérielle) • Réutiliser et remettre en valeur (technologie matérielle)	• Réduire le volume des effluents à traiter (technologie "immatérielle") • Promouvoir des alternatives à l'usage de produits chimiques (technologie "immatérielle")
Gestion des inondations		• Augmenter la protection contre les inondations, ex. des digues, des réservoirs (technologie matérielle) • Protéger et restaurer les zones humides (technologie "immatérielle")	• Améliorer les alertes inondations et leur dissémination (technologie "immatérielle") • Maîtriser le développement des plaines d'inondation (technologie "immatérielle")
Agriculture	**Pluviale**	• Améliorer la conservation des sols, ex. remplacement des nutriments (technologie matérielle) • Améliorer les prévisions (technologie "immatérielle")	• Améliorer la tolérance des cultures à la sécheresse (technologie matérielle)
	Irriguée	• Pratiques alternatives de labour (technologie "immatérielle") • Récupération des eaux de pluies (technologie matérielle)	• Augmenter l'efficience de l'irrigation, ex. irrigation localisée (technologie matérielle) • Modifier la tarification de l'eau d'irrigation (technologie matérielle) • Améliorer la tolérance des cultures à la sécheresse (technologie matérielle) • Modifier les assolements (technologie "immatérielle")

(UNFCCC, 2006)

avec des premières expériences au Maroc et en Turquie dans le cadre de projets soutenus par le PNUD.

Ces différents dispositifs présentent un grand intérêt pour l'adaptation de la gestion de l'eau en permettant notamment d'améliorer l'organisation et la cohérence des actions territoriales et en offrant un cadre adapté à la concertation et à la responsabilisation des usagers, ainsi qu'à la définition d'objectifs d'adaptation partagés.

Néanmoins, pour être vraiment efficaces, ces outils doivent garantir un équilibre entre politiques d'atténuation et d'adaptation, et bénéficier d'une portée juridique suffisante face aux autres documents de planification territoriale et d'urbanisme.

On distingue deux grands types d'options d'adaptation :

- les mesures de gestion du stress hydrique et de la sécheresse,
- les mesures de gestion du risque d'inondation.

Une troisième catégorie, transverse aux deux premières, concerne les mesures d'adaptation des infrastructures.

Une évaluation succincte de la mise en œuvre des différentes mesures d'adaptation a été conduite (cf. grille d'évaluation en Annexe 3) à partir d'une démarche combinant une approche à dire d'expert (sur la base d'entretiens conduits avec un groupe d'experts nationaux) complétée par l'examen de la littérature existante pour chacun des pays. Cette approche présente certaines limites (petite taille de l'échantillon des enquêtés, biais liés à la nature des documents exploités, …) qui amènent à considérer les résultats de cet exercice avec précaution et à y attribuer une valeur essentiellement indicative.

Les mesures techniques à la disposition des gestionnaires sont en grande majorité antérieures au changement climatique. Néanmoins certaines d'entre elles peuvent être nouvelles dans certains pays et bassins versants, ce qui justifie de considérer un large éventail de mesures. Celles-ci étant pour la grande majorité déjà bien connues sur le plan technique, nous ne les détaillerons donc pas dans ce qui suit et discuterons essentiellement de leur degré de mise en œuvre.

Mesures de gestion du stress hydrique et de la sécheresse

Les différentes mesures concernant la gestion du stress hydrique ont été regroupées en 2 catégories :

- Adaptation de la demande en eau
- Développement de l'offre en eau.

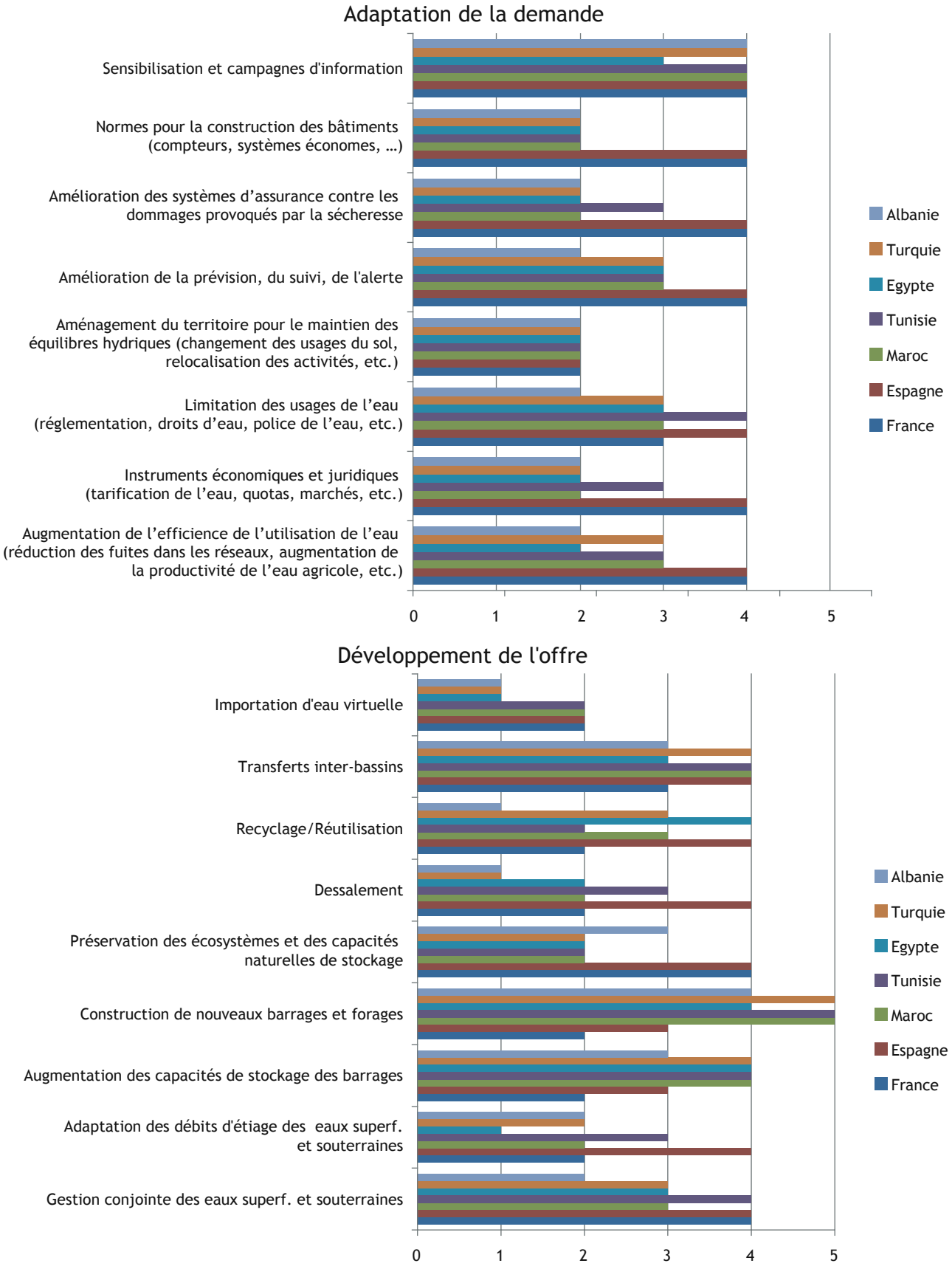
Comme le montre la Figure 20, la mise en œuvre des différentes mesures techniques de gestion de la rareté et du manque d'eau varie d'un pays à l'autre. On remarque notamment une certaine asymétrie entre pays de l'UE et hors UE s'agissant du recours aux mesures d'adaptation de la demande par rapport à celles liées à l'offre.

Dans la plupart des pays hors UE, on observe clairement la prépondérance des stratégies de développement de l'offre à partir des eaux conventionnelles (construction de nouveaux barrages, rehaussement des ouvrages existants, transferts interbassins…). La Stratégie nationale de l'eau 2030 du Maroc prévoit ainsi la poursuite de la mobilisation des ressources en eau conventionnelles (1,7 milliard de m^3) à travers la construction de 59 grands barrages et d'un millier de petits barrages par an dans les vingt prochaines années. De même, elle propose un transfert entre bassins excédentaires et bassins déficitaires s'opérant suivant un axe Nord-Sud et correspondant à 800 Mm^3 par an prélevés à partir du Sebou et du Loukkos-Laou (Secrétariat d'Etat chargé de l'eau et de l'environnement, 2010).

Cependant, dans les prochaines décennies, la mobilisation de nouvelles ressources en eau naturelles renouvelables atteindra dans certains de ces pays une limite physique (par exemple 95% de mobilisation d'ici 2016 en Tunisie) risquant de déboucher sur un déséquilibre structurel entre offre et demande. Par ailleurs, il convient de s'interroger sur l'efficacité de ce type de stratégies qui présentent un risque particulièrement élevé de maladaptation au regard de l'évolution attendue de la variabilité et des conditions hydriques moyennes et des incertitudes pesant sur celles-ci. La question de la mobilisation de ressources alternatives et surtout de la gestion économe de la ressource se pose donc avec une particulière acuité.

En ce qui concerne la mobilisation des eaux non conventionnelles, l'analyse montre des niveaux de développement assez variables. Dans les pays du Sud et de l'Est, le recours aux techniques alternatives est un objectif clairement affiché et l'accent est mis sur l'accroissement des capacités de production d'eau à partir du dessalement et de la réutilisation des eaux usées traitées. Le recours à d'autres techniques alternatives n'a pas pu être évalué. La collecte des eaux de pluie semble par exemple encore faible et confinée à des usages et des contextes très spécifiques (petite irrigation en zone d'agriculture pluviale). L'importation d'eau virtuelle ne fait pas l'objet de stratégies ou de mesures explicitement mises en avant par les pays, même si de facto de nombreux pays sont importateurs nets d'eau virtuelle (Fernandez et Thivet, 2007). Seule la Stratégie d'adaptation

Figure 20 : Niveau de mise en œuvre des différentes mesures d'adaptation au stress hydrique et à la sécheresse des pays étudiés



(1 : Inexistant et non envisagé ; 2 : Envisagé mais pas encore en place ; 3 : En cours d'élaboration et/ou mise en œuvre encore limitée ; 4 : En place et mise en œuvre avancée ; 5 : En place et mise en œuvre très avancée)

tunisienne fait de l'importation d'eau virtuelle une mesure phare d'adaptation sur le long terme.

Le développement des ressources conventionnelles et alternatives, notamment issues du dessalement, peut s'avérer une stratégie coûteuse et préjudiciable pour l'environnement sur le long terme. La maîtrise de la croissance des demandes et des besoins et la recherche d'économies d'eau dans les secteurs agricole et domestique, mais également énergétique, peut permettre de mobiliser des volumes d'eau disponibles qui pourront, dans une certaine mesure, compenser les déficits projetés. Aussi, avant de développer de nouvelles ressources et de nouvelles infrastructures, la priorité doit être donnée à la gestion de la demande et l'augmentation de l'efficience de l'utilisation de la ressource. Sur ce point, les pays montrent certains progrès, mais pour ce qui est des pays hors UE, les mesures telles que l'édiction de normes d'efficience, la mise en place de systèmes assurantiels, le recours aux instruments économiques, ou encore l'augmentation de l'efficience des infrastructures et réseaux d'alimentation en eau, restent insuffisamment développées.

S'agissant de l'adaptation des débits d'objectif d'étiage et des seuils de crise pour les eaux superficielles et souterraines, peu de pays se sont encore engagés dans cette voie, hormis peut-être l'Espagne à travers la définition de seuils et de mesures de gestion de la pénurie à l'échelle nationale dans le cadre de ses plans de gestion de la sécheresse et de la DCE. Pour les autres pays, l'intervention sur les débits minimaux est identifiée, avec pour certains des travaux en cours sur la question (en particulier en France dans les bassins Adour-Garonne et Rhône-Méditerranée et Corse, et en Turquie), mais pas encore effective. La mise en œuvre de ce type de mesure s'avère délicate pour bon nombre de pays car elle pose la question du partage de la ressource entre usages environnementaux et usages économiques, en particulier agricoles, et suscite à ce titre de très vifs débats entre usagers. En effet, face à des étiages plus sévères et en fonction des priorités fixées, il peut être envisagé de réviser à la hausse ou au contraire à la baisse les débits d'objectif, avec des effets opposés sur l'état des milieux aquatiques et de la qualité de l'eau. Dans les pays de l'UE, les objectifs de la DCE contraignent la France et l'Espagne à considérer une hausse des débits d'étiage. Pour les autres pays, les usages économiques sont clairement prioritaires et les efforts de définition de débits minimaux dans un contexte de changement climatique restent limités, ceci d'autant plus que les méthodes pour la définition et le suivi de ces objectifs ne sont pas encore totalement stabilisées et adaptées aux contextes hydrologiques locaux.

L'analyse suggère par ailleurs que les pays dotés d'un cadre institutionnel solide et effectif semblent s'engager plus facilement dans la gestion de la demande. A l'inverse, les pays présentant une situation moins avancée sur le plan institutionnel et réglementaire semblent plutôt privilégier des mesures techniques de gestion de l'offre. La technique paraît ainsi fournir une solution plus immédiate pour pallier les déficits dans un contexte de gouvernance sous-optimale du secteur.

En outre, au regard des tensions actuelles et projetées sur les ressources, les mesures d'économies et d'efficience risquent de ne pas être suffisantes à moyen et long termes. Il faudra envisager une redistribution et un meilleur partage de la ressource entre usages et territoires, notamment entre l'usage agricole et les autres activités économiques. Cependant, la mise en œuvre de ce type de réponse ne semble pas pour l'instant être particulièrement avancée, du moins pas en dehors de situations de pénurie ponctuelle (par exemple lors d'une sécheresse saisonnière accompagnée de mesures de restriction et de réallocation au profit de la fourniture en eau potable). Les stratégies tunisienne et française font explicitement référence à une telle approche, mais pour l'instant le coût politique et économique d'une telle démarche, dans un contexte de fortes incertitudes sur l'évolution des ressources à l'échelle des territoires, semble freiner sa mise en œuvre.

Enfin, le rôle des écosystèmes en tant qu'infrastructures naturelles d'adaptation pour le stockage et la régulation des transferts d'eau reste assez largement sous-considéré dans les pays situés hors de l'UE.

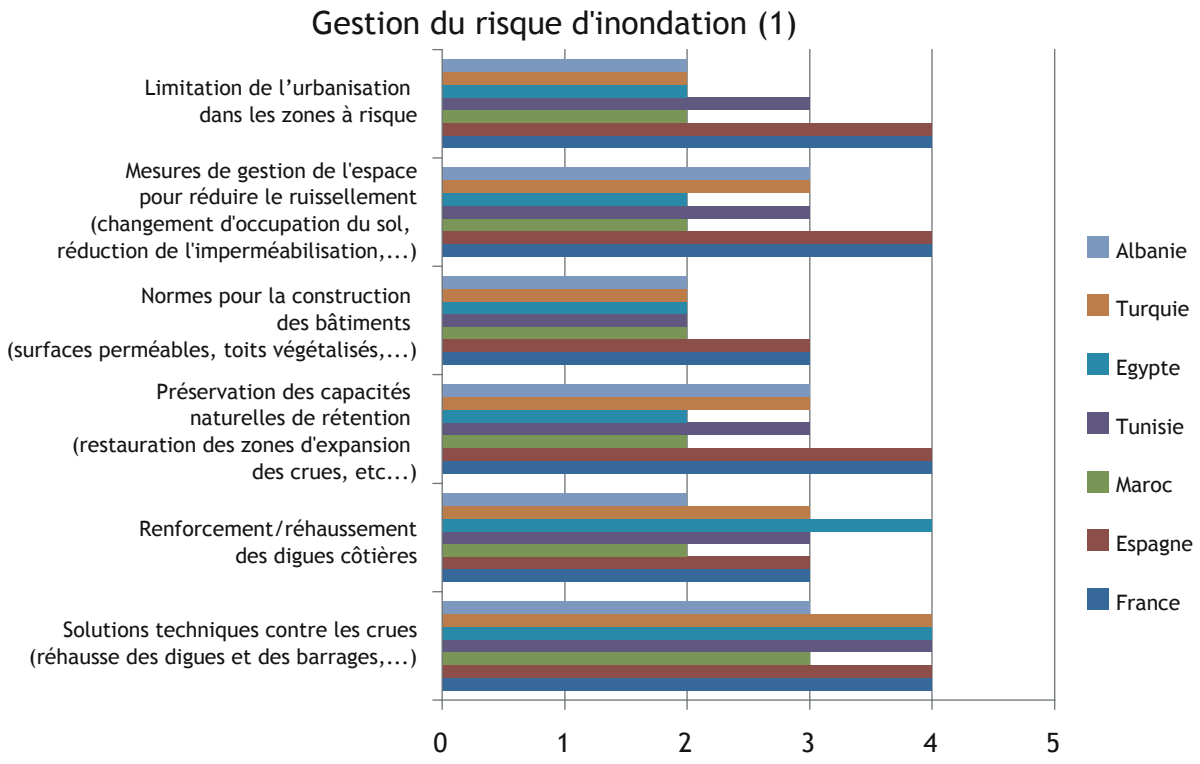
Mesures de prévention et de gestion du risque d'inondation

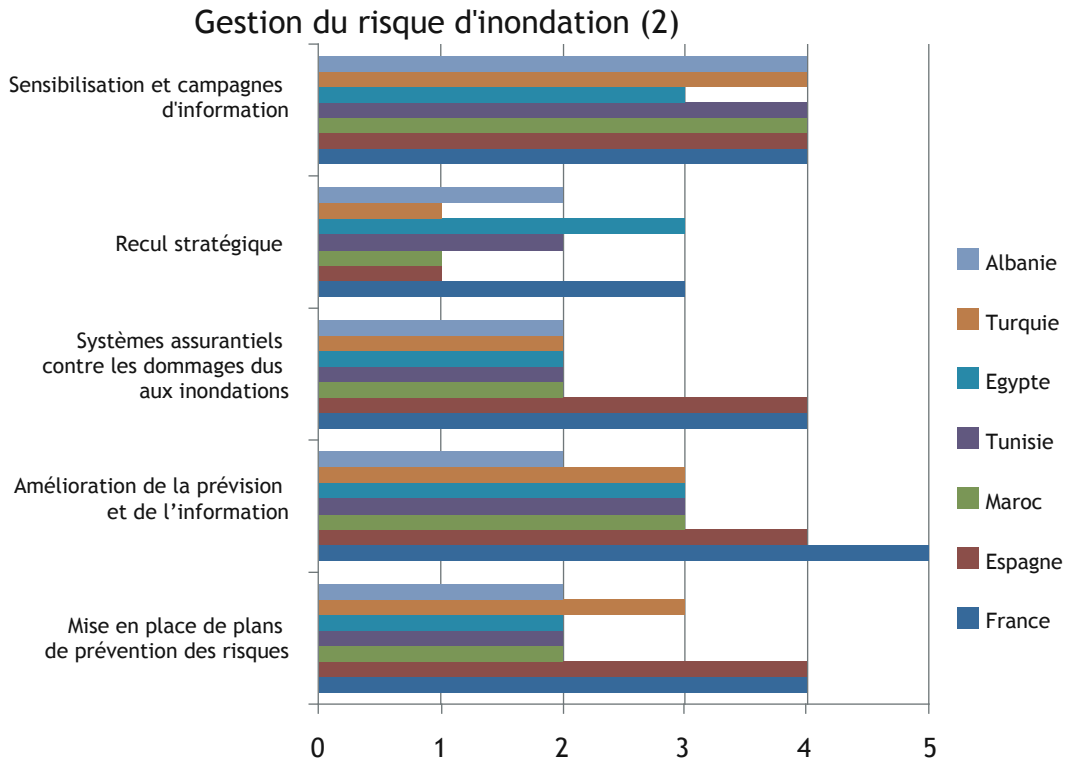
La Figure 21 présente les résultats de l'évaluation conduite pour ce type de mesures.

Les actions de protection de type d'infrastructurel (digues…) semblent primer sur celles de prévention, surtout dans les pays hors UE. Pour ces derniers, peu de plans de prévention des risques d'inondation sont mis en œuvre et les mesures visant à limiter l'urbanisation dans les zones à risque sont encore peu développées ou appliquées. Seul le Maroc a développé une approche pilote de Plans de Prévention des Risques et prévoit, dans le cadre de son Plan national de prévention des inondations, une généralisation de cette approche à l'ensemble des zones vulnérables du territoire.

Cet aspect est problématique et montre à quel point la prise en compte de la gestion des risques dans les documents et règlements d'urbanisme reste insuffisante. Par ailleurs, des adaptations ciblant les impacts à plus long terme du changement climatique - à travers des

Figure 21 : Mise en œuvre des différentes mesures d'adaptation au risque d'inondation dans les pays étudiés





(1 : Inexistant et non envisagé ; 2 : envisagé mais pas encore en place ; 3 : en cours d'élaboration et/ou mise en œuvre encore limitée, 4 : en place et mise en œuvre avancée ; 5 : en place et mise en œuvre très avancée)

mesures telles que le recul stratégique des activités et des établissements humains situés en bordure littorale afin de prévenir les risques de submersion et d'érosion côtière - s'avèrent pour l'instant à un stade assez peu avancé, à l'exception de la France et de l'Egypte qui a entamé une réflexion sur le sujet dans le delta du Nil.

L'amélioration des outils d'observation, de vigilance et d'alerte est assez largement engagée dans les pays avec l'aide notamment de l'assistance internationale et de l'OMM (nombreux exemples et projets au Maroc, en Tunisie, en Turquie et en Albanie).

Les systèmes assurantiels font encore défaut et se heurtent à plusieurs types d'obstacles.

Les efforts de sensibilisation et d'information des populations sont par contre très largement engagés dans l'ensemble de l'échantillon.

Comme pour la gestion de la rareté de l'eau, le rôle joué par les écosystèmes et milieux humides pour réduire le risque d'inondation reste encore insuffisamment reconnu, en particulier dans les pays hors UE. Les approches visant à composer avec les éléments naturels plutôt qu'à chercher à s'en protéger via des techniques de protection "dure" ont montré leurs limites à la fois d'un point de vue environnemental et financier, et ce indépendamment du changement climatique. Peu de programmes de restauration et conservation de ces "infrastructures naturelles" sont mis en œuvre dans une perspective d'adaptation. Il devient urgent de tenir compte du rôle "d'amortisseur" climatique joué par les écosystèmes et d'intégrer cette dimension à part entière dans les politiques d'adaptation et de prévention des catastrophes naturelles.

Essai de typologie selon le niveau de prise en compte de l'adaptation

Sur la base de ce qui précède, la typologie suivante peut être proposée pour rendre compte de l'état de prise en compte et d'opérationnalisation de l'adaptation dans le secteur de l'eau (Tableau 6). Globalement l'ensemble des pays étudiés se situent au stade n°2 décrit dans le tableau 6.

Conclusions

L'adaptation au changement climatique en Méditerranée apparaît comme un enjeu émergent pour la gestion de l'eau, mais avec encore peu de traduction opérationnelle, et ce en dépit de quelques avancées principalement dans les pays de l'UE. Les pays étudiés sont essentiellement au stade de l'amélioration des connaissances sur les impacts hydrologiques et de l'identification des mesures d'adaptation correspondantes. Mis à part quelques projets et expériences pilotes majoritairement soutenus par la coopération internationale, la traduction des impacts du changement climatique dans les politiques et les pratiques de gestion de l'eau dans la plupart des pays n'est pas encore effective.

Les types de réponses proposées portent essentiellement sur des mesures « sans regret » ou s'inscrivent dans des logiques de « rattrapage », qui correspondent à des objectifs de réduction des pressions et vulnérabilités hydrauliques existantes, déjà considérées comme problématiques indépendamment des effets du changement climatique. La gestion des incertitudes climatiques et de leurs implications pour la prise de décision dans le domaine de l'eau est encore peu prise en compte par les décideurs. Cette situation s'accompagne de risques conséquents de « maladaptation » compte tenu de la très grande vulnérabilité de la région aux impacts du changement climatique sur les écoulements, les ressources et les demandes en eau.

Quels sont alors les leviers pour lever les obstacles au développement de politiques d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en Méditerranée, en particulier dans les pays du sud et de l'est du bassin ? Il semble important de rappeler ici certains points critiques.

Les risques liés aux changements climatiques sont encore trop souvent perçus comme des problèmes uniquement de long terme, face notamment aux enjeux liés à la sécurité alimentaire et énergétique, et au développement économique, qui déterminent largement les stratégies hydrauliques actuelles. Pour favoriser une adaptation au changement climatique, il importe de mieux représenter et quantifier les relations entre climat et enjeux de développement de ces pays.

La coopération intersectorielle en matière d'adaptation demeure insuffisante. Les stratégies d'adaptation sont généralement élaborées par les administrations de l'Environnement, très impliquées dans les négociations de la CCNUCC, mais qui, dans la plupart des cas, ne sont pas directement en charge de l'eau. Le "rapport de force" institutionnel joue

souvent en faveur de l'administration en charge de l'eau qui se montre généralement rétive à s'approprier un processus conduit en dehors de ses prérogatives et de son mandat. En outre, lorsque des outils de coordination intersectorielle existent, ceux-ci peinent encore à jouer le rôle de catalyseur et de promoteur de l'adaptation dans les différents secteurs.

L'implication du niveau local et des acteurs de l'eau reste limitée : malgré le développement du concept de GIRE et de gestion par bassin hydrographique, le cadre de la gestion et de l'administration de la ressource dans les pays méditerranéens demeure encore très largement centralisé (sauf pour l'Espagne et la France). Ce type de modèle limite les possibilités de concevoir et d'expérimenter des approches de gestion plus subsidiaires, à l'échelle de bassins versants ou de territoires locaux à même d'expérimenter de nouvelles approches en minimisant les coûts de transaction et pouvant ensuite constituer des leviers pour une extension à l'échelle nationale. L'adaptation étant par essence un processus contextuel, celle-ci rend donc d'autant plus nécessaire et urgente une gouvernance territoriale de l'eau fondée sur des institutions locales aux pouvoirs renforcés et sur la pleine participation des usagers.

Les capacités financières, techniques et humaines s'avèrent en deçà des enjeux. Le secteur de l'eau connait déjà un certain nombre de contraintes structurelles (organisationnelles, savoir-faire, financières, connaissances…) qui limitent fortement ses performances et réduisent ses capacités à s'adapter aux changements à venir. Le financement de l'adaptation est alors en compétition avec d'autres enjeux de court et moyen termes. Les efforts de coopération en faveur de la mise à niveau du secteur doivent donc être accrus afin de prendre en charge les surcoûts de l'adaptation.

Les politiques et la gestion actuelles de l'eau n'intègrent pas suffisamment les incertitudes spatiales et temporelles liées aux évolutions climatiques et hydrologiques. Celles-ci s'appuient sur des approches "command and control", fondées sur des hypothèses de stationnarité du climat et du cycle de l'eau. La gestion des incertitudes demande un changement de paradigme et la promotion de modalités et d'outils de prise de décision adaptés aux situations incertaines (passage d'une approche déterministe à une approche probabiliste, participation accrue des experts et des parties prenantes, application des principes de gestion adaptative, combinaison de régimes de prévention et de régimes de précaution dans l'élaboration de la décision publique, etc.).

Il existe une large confiance dans l'efficacité et la robustesse des dispositifs institutionnels et techniques existants pour faire face aux changements à venir : la logique du "un peu plus de la même chose", qui consiste à penser que les systèmes en place, moyennant quelques ajustements à la marge, seront en mesure de résister aux changements et chocs climatiques à venir, est assez largement répandue chez les responsables de l'eau. Sur le court terme, une telle approche semble recevable et même souhaitable compte tenu de l'augmentation de la variabilité et des incertitudes sur le signal climatique qui caractériseront les décennies à venir. Dans ce contexte, la priorité doit aller aux mesures sans regret cherchant à rendre le secteur de l'eau moins vulnérable à un ensemble de pressions actuelles (y compris à la variabilité et aux extrêmes hydrologiques). En revanche, sur les moyen et long termes, la poursuite d'une telle logique comporte des risques de maladaptation. C'est le cas par exemple de la construction de nouveaux barrages pour des objectifs de régulation interannuelle à 3 voire à 5 ans. Pour promouvoir des logiques alternatives, il est crucial de pouvoir quantifier les coûts de la maladaptation et d'améliorer la décision face aux incertitudes.

La priorité est donnée aux solutions « dures », au détriment des réponses non-structurelles, telles que les instruments juridiques et économiques, et du rôle "d'infrastructures naturelles" que peuvent jouer les écosystèmes et les services qu'ils assurent. Pour promouvoir ces réponses non-structurelles, une évaluation de leur efficacité, comparée à celles des solutions structurantes, en univers incertain est nécessaire.

Tableau 6 : Typologie des pays en fonction des progrès réalisés en matière d'adaptation du secteur de l'eau

Stades	Etat de prise en compte de l'adaptation	Pays
1	• La nécessité de l'adaptation est reconnue par un groupe de précurseurs au sein du secteur • Il existe peu d'études sur les incidences des changements climatiques ou l'adaptation à ces changements • Si certaines mesures d'adaptation ont été identifiées, elles ne sont pas encore appliquées • Prédominance des politiques et pratiques conventionnelles de gestion de l'eau, pas de signes tangibles de réformes en faveur de l'adaptation	
2	• Les acteurs du secteur reconnaissent dans une certaine mesure la nécessité de l'adaptation des politiques de l'eau ; début de prise de conscience au niveau politique • Les impacts du changement climatique sur les ressources et les usages sont connus de façon essentiellement indicatives et principalement à l'échelle nationale • Certaines mesures d'adaptation sont définies et des projets sont formulés pour leur mise en œuvre ; certains sont engagés • Prédominance des politiques et pratiques conventionnelles de gestion de l'eau, quelques signes encourageants en faveur de l'adaptation	**Albanie** **Egypte** **Maroc** **Turquie** **Tunisie** **Espagne** **France**
3	• Existence d'une volonté et d'un engagement politiques forts pour l'adaptation du secteur de l'eau • Les impacts du changement climatique sont bien connus, compte tenu des incertitudes • Des mesures d'adaptation sont définies et des dispositions sont prises pour leur mise en œuvre ; certaines d'entre elles sont engagées dans des zones prioritaires • Certains progrès notables en matière d'évolution des politiques et pratiques de la gestion de l'eau	
4	• Des évaluations approfondies et territorialisées des impacts et des risques climatiques sont disponibles • Les impacts du changement climatique et les moyens de s'y adapter sont pris en compte de manière systématique dans les processus de planification et de prise de décision liés à l'eau • Des stratégies et plans d'action pour l'adaptation sont élaborés à tous les niveaux de la gestion de l'eau ; l'intégration dans les politiques nationales et locales de l'eau est engagée • Des mesures d'adaptation sont mises en œuvre dans l'ensemble des zones prioritaires et d'importantes réformes des politiques et pratiques de la gestion de l'eau sont engagées • La coopération intersectorielle sur les mesures d'adaptation se met en place	
5	• Des stratégies et plans d'actions pour l'adaptation sont disponibles et opérationnelles à tous les niveaux de la gestion de l'eau • Les objectifs, principes, instruments et mesures d'adaptation, sont durablement intégrés dans les cadres politiques, institutionnels et juridiques • Un processus solide de suivi et d'évaluation continus est mis en place afin d'apprécier les progrès réalisés pour chacune des mesures et d'actualiser régulièrement les objectifs poursuivis • La coopération intersectorielle et la gouvernance de l'adaptation sont pleinement établies et fonctionnelles	

(adapté d'après Ministère Finlandais de l'Agriculture et de la Forêt, 2009)

Conclusions et recommandations

A l'issue de cette étude, plusieurs recommandations peuvent être formulées.

L'incertitude entourant l'évaluation des impacts et des risques ne devrait pas être considérée comme un frein pour l'action. Au contraire, elle devrait favoriser l'émergence d'une approche double : actions "sans regret" et "adaptation" à proprement parler.

Le changement climatique vient renforcer le besoin de réformes dans le secteur de l'eau promues par le Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) depuis une quinzaine d'années, en ce qui concerne la gestion des déséquilibres entre offre et demande, la dégradation de la qualité de l'eau et des hydrosystèmes, ou encore la vulnérabilité des biens et des personnes aux risques d'inondation. Ces réformes correspondent à des actions "sans regrets" et constituent un préalable aux politiques d'adaptation.

L'adaptation demande aussi des innovations pour dessiner des futurs alternatifs dans le domaine de l'eau qui permettent de mieux gérer la non-stationnarité du climat et les incertitudes. La promotion de ces innovations, pour une mise à l'agenda politique régional de l'adaptation au changement climatique, peut se faire via la diffusion et la mise en œuvre des messages construits dans des cadres internationaux : Recommandations du 5ème Forum mondial de l'eau[1], Feuille de route de la contribution méditerranéenne au 5ème FME[2], Principes de Nairobi sur l'Eau et le Climat[3], Lignes Directrices de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (UNECE)[4], Cadre de résilience de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)[5], Contribution de l'Alliance pour l'eau et le climat à la CCNUCC[6], etc. Il s'agira aussi de reconsidérer certaines orientations des politiques sectorielles agricoles ou hydrauliques.

L'enjeu est de passer d'une logique de réaction face aux crises à une logique d'anticipation en mobilisant un ensemble d'outils incluant : la modélisation des impacts, l'évaluation des vulnérabilités, des outils prospectifs, l'évaluation stratégique environnementale… A cet égard, le développement de produits et services hydro-climatologiques ciblés sur les besoins des planificateurs et des gestionnaires revêt un caractère prioritaire, sans pour autant perdre de vue les limites de ces outils.

Le développement et la promotion d'outils de gestion de l'incertitude pour la prise de décision en matière d'investissements et d'aménagements dans le domaine de l'eau permettra de prévenir les risques de maladaptation. Il s'agira :

a) de créer ou renforcer les organes d'expertise et de débat sur la gestion de l'incertitude,

b) d'améliorer la communication et la concertation sur les risques et les incertitudes,

c) d'allouer des moyens au développement de méthodes et d'outils de prise de décision en univers incertain notamment dans le domaine du calcul économique ("Robust Decision Making" ; Wilby et Dessai, 2010)

d) de promouvoir la formation des gestionnaires à ces nouvelles approches.

Il est important d'évaluer l'efficacité de voies alternatives à des solutions structurantes, coûteuses en investissements, telles que les solutions institutionnelles (normes, réglementation), économiques (assurances, taxes, tarification) et les infrastructures naturelles (services rendus par les écosystèmes).

Il s'agit aussi de promouvoir une évaluation comparée des coûts d'une adaptation tardive ou précoce, liés notamment à l'anticipation raisonnée, le choix de mesures "sans regrets", le rattrapage du déficit d'adaptation, la réorientation des investissements publics et privés, la progressivité, la flexibilité et la réversibilité des actions, l'usage du principe de précaution, etc. L'évaluation des coûts d'une gestion graduelle et adaptative, tenant compte de la capacité de réaction des systèmes de gestion et de l'évolution des connaissances scientifiques est également nécessaire.

En outre, les efforts d'intégration de l'adaptation de la gestion de l'eau doivent s'accompagner d'un changement de posture visant à aborder l'adaptation de la gestion de l'eau de manière transversale et intégrée et à la placer au centre des différentes politiques sectorielles d'adaptation (tourisme, agriculture, santé, etc.), car l'eau constitue en Méditerranée le principal vecteur par lequel les impacts du changement climatique se manifesteront sur les populations et les secteurs socio-économiques.

1.http://content.worldwaterforum5.org/files/PoliticalProcess/Istanbul%20Water%20Guide.pdf

2.http://content.worldwaterforum5.org/files/RegionalDocuments/Mediterranean%20regional%20document.pdf

3.http://www.landwaterdialogue.um.dk/node/211

4.http://www.unece.org/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate.pdf

5.http://cmsdata.iucn.org/downloads/water_and_climate_change_adaptation_briefing_1.pdf

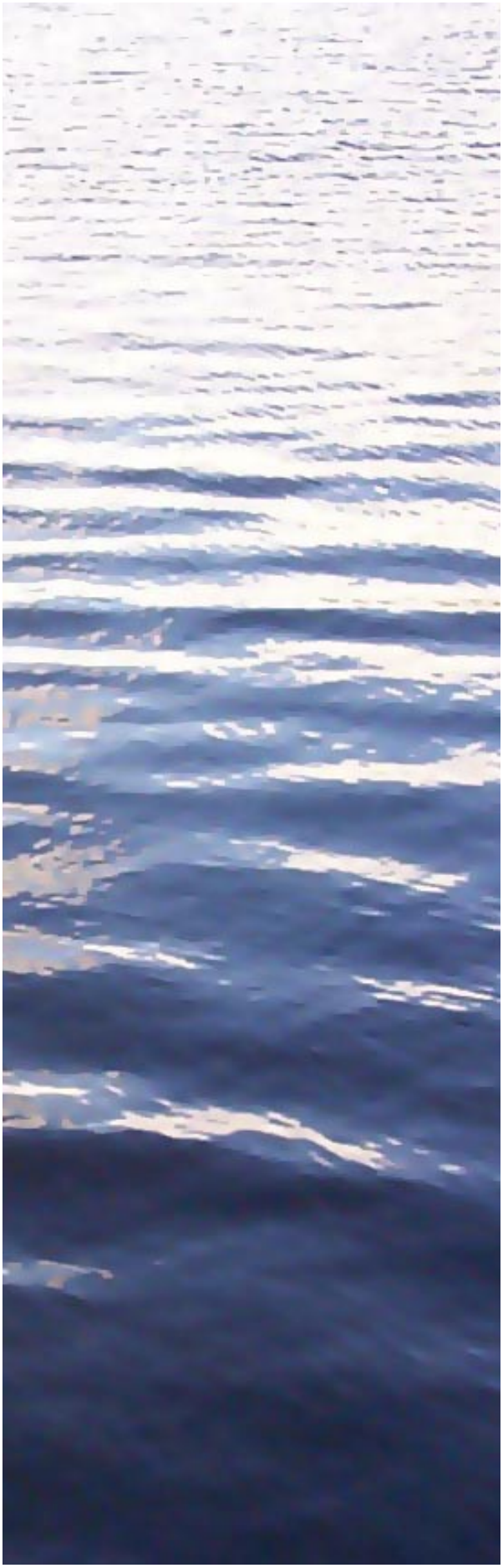
6.http://www.waterclimatecoalition.org/index.php/activities/170-consultation-activities-towardscop15-building-the-case.html

En d'autres termes, l'adaptation de la gestion de l'eau, en garantissant la sécurité hydrique, permet de renforcer la capacité de résilience des économies et des sociétés méditerranéennes dans leur ensemble.

Pour ce faire, il est nécessaire de concevoir, tester et promouvoir de nouveaux modes de gouvernance à tous les échelons de la prise de décision. De même, afin de favoriser des approches intégrées et subsidiaires et leur promotion à l'échelle régionale, des exercices de prospective territoriale pourraient être conduits.

Enfin, la coopération régionale a un rôle clé à jouer dans :

- le développement et la valorisation de la recherche sur la modélisation, le partage et la diffusion de l'information et des données : observations hydrométéorologiques, prévisions saisonnières, mise en place de systèmes d'annonce rapide sur les risques et diffusion des alertes... ;
- la coordination en matière notamment d'organisation de la solidarité régionale en cas de crises majeures, de mobilisation des financements nécessaires à l'adaptation, de partage de l'information et de développement de services climatiques régionaux, de prise en charge des questions transfrontalières et de réflexion stratégique sur une meilleure utilisation des ressources au sein du bassin ;
- le renforcement des capacités et le partage d'expériences, d'outils et de technologies pour la gestion résiliente des ressources et des risques ;
- la mise en réseau et la mutualisation de l'expertise afin de faciliter l'élaboration et l'accompagnement des politiques publiques d'adaptation.



Annexe : Grille d'analyse et de "benchmarking"

Contexte et objectif

La réalisation d'un état des lieux en matière d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en Méditerranée est une tâche complexe en raison notamment de la grande diversité des situations nationales, de l'hétérogénéité des données disponibles et de la forte dispersion des sources d'information.

Pour la présente étude, un référentiel et d'une grille d'analyse communs à l'ensemble des pays étudiés ont été élaborés en poursuivant les objectifs suivants :

- aider à la réalisation d'un état des lieux rapide des systèmes nationaux d'adaptation dans le secteur de l'eau afin d'identifier leurs forces et faiblesses ainsi que les marges de progrès à réaliser ;
- proposer une nomenclature d'évaluation standard pour les différents pays étudiés sur la base d'un référentiel ("socle") dans le but de faire ressortir les points communs et divergents et de permettre l'agrégation des informations et l'élaboration d'une typologie au niveau régional ;
- établir une "photographie" et comparer la situation des différents pays au regard des différents axes du référentiel selon une approche de "benchmarking".

L'intérêt d'un tel outil réside également dans sa capacité à combiner différentes sources d'information en faisant appel à la fois aux informations recueillies "à dire d'expert" et à celles issues de l'analyse des travaux, études et recherches conduites dans la région. Cette approche peut contribuer à terme à objectiver la situation au niveau régional, et à faciliter l'instauration d'un dialogue entre les acteurs régionaux sur les points forts et les points faibles des politiques d'adaptation dans le secteur de l'eau au niveau national ainsi que sur la nature des actions à mener.

Cadre de référence

Les effets du réchauffement climatique sur l'hydrologie des pays méditerranéens posent de nombreux défis environnementaux, sociaux et économiques et appellent des réponses intégrées et globales de la part des états et des gestionnaires.

La raréfaction des ressources, l'augmentation de la variabilité et des extrêmes hydrométéorologiques, l'amplification des incertitudes et les risques accrus de compétition pour les ressources entre les territoires et les secteurs les plus vulnérables militent en faveur d'une approche systémique du problème qui considère l'adaptation non pas comme une question purement environnementale ou technique, mais avant tout comme un enjeu de développement et de société qui dépasse largement le seul secteur de l'eau.

Dans ce contexte, le concept de gestion adaptative des ressources en eau offre un cadre théorique et opérationnel pertinent pour faire face aux impacts du changement climatique sur les ressources en eau. Appliquée au secteur de l'eau, la gestion adaptative exige un processus de transformation structurelle, en faisant appel à un panel de réponses et de leviers d'action complémentaires dans des domaines aussi variés que la recherche et le développement en matière de modélisation et de prévision des impacts du changement climatique sur la ressource, les modes de planification et l'allocation des ressources, la gestion de l'information climatique (production et utilisation finale), le développement de technologies et d'infrastructures hydrauliques climato-compatibles (comme par exemple la gestion globale des eaux de surface et souterraines, le recyclage des eaux usées, la mobilisation des eaux pluviales…), la définition d'instruments économiques et financiers (assurances, dispositifs de subventions, politiques tarifaires…), ou encore en matière de réformes légales et institutionnelles (révision des politiques et cadre législatifs, gouvernance institutionnelle, processus décisionnels…).

Pour les pays méditerranéens, il s'agira donc de créer et de développer des capacités d'adaptation dans ces différents domaines afin de bâtir un véritable "système d'adaptation[1]" à même d'assurer sur le long terme la cohérence, l'efficacité et la pérennité des trajectoires et mesures de résilience mises en œuvre dans le secteur de l'eau.

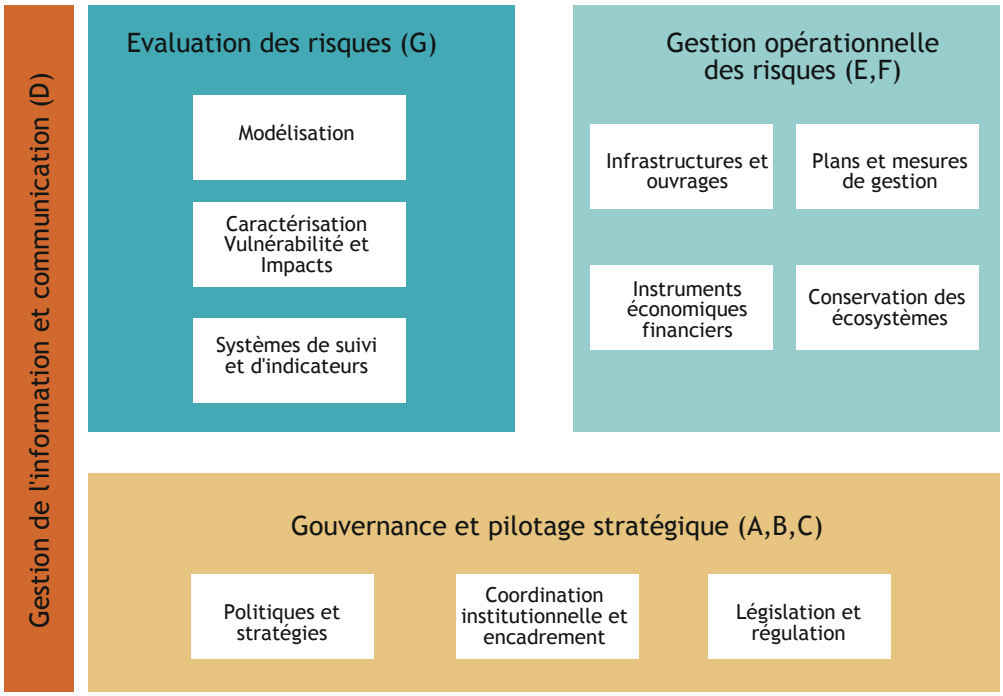
Un tel "système adaptatif" repose sur des règles, structures et procédures institutionnelles, techniques et non-techniques qui, bien qu'elles puissent revêtir des réalités différentes en fonction des contextes nationaux, forment un ensemble de fonctions élémentaires que les pays sont communément amenés à réaliser s'ils souhaitent s'adapter efficacement aux nouvelles conditions hydro-climatiques et prévenir les crises liées à l'eau.

1. World resources Institute. *The National Adaptative Capacity Framework: Key Institutional Functions for a Changing Climate.* Novembre 2009.

Pour les besoins de l'étude, nous proposons une typologie basée sur 7 grandes catégories de fonctions (Figure 22):

- Fonction de planification et de pilotage stratégique (cadre politique et stratégique) : vision stratégique et politique publique de l'adaptation ; fixation des priorités et objectifs au niveau national au moyen de stratégies, plans et programmes ; etc.
- Fonction de coordination et d'encadrement (cadre institutionnel et gouvernance) : partage des pouvoirs et des compétences entre les différents acteurs (services de l'Etat, organes régulateurs, collectivités, opérateurs privés, organisations de la société civile, etc.) et les différents niveaux de gouvernance ; mode de prise de décisions et de coordination ; procédures de consultation et de participation du public, etc.
- Fonction de régulation et de contrôle (cadre législatif et réglementaire) : nature des législations et réglementations nationales, locales et internationales encadrant la gestion de l'eau et les pratiques d'adaptation, y compris les accords et traités transfrontaliers ;
- Fonction de veille, de gestion de l'information et des connaissances : outils et mécanismes d'observation, de suivi, de prévision et d'alerte sur l'état de la ressource et les impacts du changement climatique ; etc.
- Fonction de financement et d'incitation à l'adaptation (instruments économiques) : systèmes de tarification ; instruments fiscaux et financiers ; partenariats public-privé ;
- Fonction de gestion opérationnelle des risques liés au changement climatique (actions et mesures techniques d'adaptation) : plans de gestion de la ressource et des extrêmes (inondations, sécheresse) ; développement et gestion des infrastructures et des ouvrages, actions de réduction de la demande, développement de techniques alternatives, construction de mesures physiques de protections, etc.
- Fonction d'évaluation des impacts du changement climatique et des risques socio-économiques associés : état des connaissances sur les vulnérabilités et les risques sur les ressources et les usages et les coûts associés ; capacités de modélisation et d'évaluation des processus et des impacts ; méthodes d'aide à l'évaluation du risque et des incertitudes.

Figure 22 : Représentation fonctionnelle d'un «Système d'adaptation» pour le secteur de l'eau



Grille d'analyse

Pour chacun des axes fonctionnels retenus, une série de critères sont proposés afin de construire une "check-list" d'éléments-clefs d'adaptation sur la base desquels la situation des différents pays étudiés pourra être appréciée. Ces critères sont présentés sous la forme de questions évaluatives et, s'agissant de la fonction F, d'une liste de mesures techniques d'adaptation*. Les critères et mesures utilisés ici s'appuient en partie sur ceux développés par la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe dans le cadre d'une enquête par questionnaire réalisée en 2009 en vue de l'élaboration du Guide méthodologique sur l'eau et l'adaptation publié en 2010 (http://www.unece.org/env/water/water_climate_activ.htm).

Compte tenu des contraintes de temps, ces derniers ne visent pas l'exhaustivité et se limitent volontairement à un nombre restreint d'aspects. La liste et la qualité des critères ont donc vocation à être enrichies et affinées.

Les différents critères peuvent être renseignés pour chacun des pays selon une méthode de notation de 1 à 5 permettant de rendre compte de manière semi-qualitative du degré d'avancement des pays et de positionner ceux-ci selon les différents axes et éléments du référentiel. Les notes ainsi obtenues, par enquête ou à dire d'expert, permettent de donner une indication des capacités existantes et des niveaux de préparation des différents pays en matière d'adaptation de la gestion de l'eau. Les scores obtenus sur chacun des critères peuvent ensuite être agrégés (avec ou sans pondération) afin d'obtenir un score moyen au niveau de chaque axe fonctionnel. Ces résultats peuvent faire l'objet d'une représentation graphique afin de faciliter la comparaison entre pays dans une perspective "benchmarking" régional.

* Pour des raisons de taille, la grille n'est pas publiée dans le présent rapport mais peut être obtenue auprès du Plan Bleu.

Liste des acronymes

CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (en anglais : UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)
DCE	Directive cadre sur l'eau de l'Union européenne
DRIAS	Projet « Donner accès aux scenarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements » (France)
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais : IPCC : intergovernemental panel on climate change)
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
IBN	Initiative du Bassin du Nil
IDDRI	Institut du développement durable et des relations internationales
MEEDDM/MEDDTL	Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (France)
OMM	Organisation météorologique mondiale
PCET	Plan climat-énergie territorial
PNA	Plan national d'adaptation
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PSE	Paiements des services des écosystèmes
PSEM	Pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée
REUT	Réutilisation des eaux usées traitées
SNA	Stratégie nationale d'adaptation
SRCAE	Schéma régional climat-air-énergie
UE	Union européenne
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe (Commission économique pour l'Europe des Nations unies)
WRI	World Resources Institute

Bibliographie

Agoumi A., Debbarh A. (2006). *Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développement (1955-2005)*.

Agrawala S. & al. (2004). *Development and climate change in Egypt: focus on coastal resources and the Nile*. Paris, OCDE.

Alcamo J, Flörke M & Märker M. (2007). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal* 52, n°2, Avril.

Alibou J. (2002). *Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides au Maroc*.

Ayala-Carcedo F.J., Iglesias Lopez A. (2001). *Impactos del Cambio Climatico sobre los recursos hidricos, el diseño y la planificacion hidrologica en la España peninsular*. Instituto Tecnologico y Geominero de España.

Bakalowicz, M. (2009). *National Policy Dialogue on Integrated Water Resources Management Planning in the Republic of Lebanon*. MED EUWI

Banque Mondiale (2004). *Royaume du Maroc - Secteur de l'Eau et de l'Assainissement. Note de politique sectorielle*.

Barraqué B. (2002). Les marchés de l'eau en Californie : modèle pour le monde, ou spécificité de l'ouest aride américain. Première partie : la crise du partage du Colorado. *Annales des Mines,* octobre 2002. pp. 71-82.

Bayoumi A. (2004). Water as a basic human right in Egypt. *Global Issue Papers*, no. 11, (september 2004): 36-59. Heinrich Böll Foundation.

Ben Abdelfadel A., Driouech F. (2009). *Climate Change and its impacts on the water resources in the Maghreb region*. Royaume du Maroc. Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement.

Benbiba M. (2010). *Une nouvelle Stratégie Nationale de l'Eau - Pour une meilleure adaptation aux changements climatiques.* Présenté à l'International conference on water scarcity and drought, February 18, 2010, Madrid.

Benoit G, Comeau A. (eds) (2005). *Méditerranée - Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement*. Plan Bleu, Edition de L'Aube.

Bou-Zeid, E., El-Fadel M. (2002). Climate Change and Water Resources in Lebanon and the Middle East. *Journal of water resources planning and management*. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496; 128:5(343).

Brugnach M., Henriksen H.J., Van der Keur P.S, Mysiak J. (2009). *Uncertainty and Adaptative Water Management. Concepts and Guidelines.*

Burton I. (1996). The growth of adaptation capacity: practice and policy. In: *Adapting to Climate Change: Assessments and Issues*, 55-67. New York, Springer.

Bzioui M. (2005). *Rapport sous-régional sur la mise en valeur des ressources en eau en Afrique du Nord*. UN-Water Africa.

Carraro C., Sgobbi A. (2007). *Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Italy. An Economic Assessment. Working Paper*. Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici. www.cmcc.it.

Collier C.G. (1999). Climate and climate change. In: Herschy R.G. et Fairbridge R.W. *Encyclopedia of Hydrology and Water Resources.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. pp. 122-129.

Conway D. (2005). From headwater tributaries to international river. Observing and adaptating to climate variability and change in the Nile Basin. *Global Environmental Change*, n°15: 99-114.

De Castro M., Martin-Vide J., Alonso S. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. In: *Principales conclusiones de la Evaluacion Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climatico*.

De Perthuis C., Hallegatte S., Lecocq F. (2010). *conomie de l'adaptation au changement climatique*. Conseil économique pour le développement durable, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

Dessai S., Hulme M., Lempert R., Pielke R. (2009). Climate prediction: a limit to adaptation? In: Neil Adger, Irene Lorenzoni et Karen L. O'Brien. *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press.

Döll, P., Kaspar F., Lehner B. (2003). A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. *Journal of Hydrology* 270: 105-134.

Downing T.E., Anthof D., Butterfield R., Ceronsky M., Grubb M., Guo J., Hepburn C., Hope C., Hunt A., Li A., Markandya A., Moss S., Nyong A., Tol R., Watkiss P. (2005). *Scoping uncertainty in the social cost of carbon*. London, DEFRA.

Ducharne, A., Gascoin S., Habets F., Ledoux E., Martin E., Oudin L., Thiéry D., et Viennot P. (2009). *Projet RExHySS. Annexe Volet 2. Description des modèles hydrologiques*.

Dumas P. (2006). *L'évaluation des dommages du changement climatique en situation d'incertitude : l'apport de la modélisation des coûts de l'adaptation*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

Egis-BCEOM. (2010). *Projet Adaptation au changement climatique et aux désastres naturels des villes côtières d'Afrique du Nord - Rapport Phase 1 : Évaluation des risques en situation actuelle et à l'horizon 2030 pour la ville de Casablanca et la vallée du Bouregreg*. Banque Mondiale.

Egyptian Environmental Affairs Agency. (2010). *Egypt's Second National Communication to the UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)*. Cairo.

El-Fadel M., Bou-Zeid E. (2001). *Climate Change and Water Resources in the Middle East: Vulnerability, Socio-Economic Impacts, and Adaptation*. Nota di Lavoro. Fondazione Eni Enrico Mattei.

El-Tantawi A. (2005). *Climate change in Libya and desertification of Jifara Plain, using geographical information system and remote sensing techniques*. Mainz, Johannes Gutenberg Universität.

European Commission (2009). *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). River Basin Management in a Changing Climate*. (Guidance document No. 24.)

European Environment Agency (2007). *Climate change and water adaptation issues*.

European Environment Agency (2008). *Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment.* Joint EEA–JRC–WHO report.

European Environment Agency (2009). *Regional climate change and adaptation - The Alps facing the challenge of changing water resources*. Copenhagen, EEA.

Fida E., Bruci E. (2008). *Albania and climate change.* Présenté au Blue Plan's Regional Seminar on "Climate Change in the Mediterranean'', October 22, Marseilles.

Gafrej R. L., Pillet G. (2008). *Projections des ressources en eau de la Tunisie sous l'effet des changements climatiques globaux*. 13ème Congrès Mondiale de l'Eau IWRA. Septembre.

General Directorate of State Hydraulic Works (DSI), Turquie. (2009). *Turkey water Report*.

Greenpeace – Climpact (2005).*Changement climatique: quels impacts en France? Rapport*.

Gurer I., Ozguler H. (2004). *Turkey Case Study: recent flood disasters in North Western Black Sea Region*. Istanbul, Associate Programme on Flood Management., World Meteorological Organization/Global Water partnership.

Hakiemez N. (2007). TEFER project implementation for improvement and Rehabilitation of flood protection infrastructure in the western black sea flood area. In *Istanbul*: General Directorate of State Hydraulic Works (DSI).

Hallegatte S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, n°19: 240-247.

Hallegatte S., Somot S., Nassopoulos H. (2008). *Région méditerranéenne et changement climatique : une nécessaire anticipation. Rapport d'expertise*. IPEMed.

Hesselbjerg Christensen J. (2005). *Prediction of regional scenarios and uncertainties for defining European climate change risks and effects. Country-by-country climate projections*. http://prudence.dmi.dk/.

Iglesias A., Estrela T., Gallart F. (2005). Impactos sobre los recursos Hidricos. In: *Principales conclusiones de la Evaluacion Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climatico*.

IPCC (2007). *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Islami B., Kamberi M., Demiraj Bruci E. & Fida E. (2009). *Albania's Second National Communication to the Conference of Parties under the United Nation's Framework Convention on Climate Change*. Tirana, Ministry of Environment, Forestry and Water Administration.

IUCN. *Les ressources en eau en Méditerranée: planification et adaptation aux changements climatiques*.

Jones R. (2007). *Using climate change information to assess risks.* Présenté au IPCC-TGICA regional meeting on integrating analysis of regional climate change and response options, June 20, Nadi, Fiji.

Kabat Pavel. (2009). *Dealing with uncertainties in the Netherlands: the Delta Commission.* Présenté au Workshop 'Science-Policy interactions in national adaptation policy' – "Europe adapts to Climate Change", September 14, Utrecht (NL).

Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. (2009). *Governance Matters VIII: Governance Indicators for 1996-2008*. Washington DC., Banque Mondiale.

Kitoh A., Yatagai A., Pinhas A. (2008a). First super-high resolution model projection that the ancient "Fertile Crescent" will disappear in this century. *Hydrological Research Letters*, n°2: 1-4.

Le Quesne et al. (2010). *Flowing forward: freshwater ecosystem adaptation to climate change in water resources management and biodiversity conservation*. World Bank, WWF, Water Partnership Programme.

Lempert et al. (2006). A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios. *Management Science*, n°52: 514-528.

Lenôtre N, Pedreros R. (2006). Impact du changement climatique sur le littoral. *Géosciences*; (3).

Lionello, P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Alpert P., Artale V., Li L. (2006). The Mediterranean Climate: An Overview of the Main Characteristics and Issues. In: P. Lionello, P. Malanotte-Rizzoli, R. Boscolo. *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier. (Developments in Earth & Environmental Sciences 4).

Luterbacher J., Xoplaki E., Casty C., Wanner H. (2006). Mediterranean Climate Variability over the Last Centuries: A Review. In: *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier. (Developments in Earth & Environmental Sciences 4).

Magnan A., Garnaud B., Billé R., Gemenne F., Hallegatte S. (2009). *La Méditerranée au futur: des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation*. IDDRI.

Massey E., Bergsma E. (2008). *Assessing adaptation in 29 European countries*. Amsterdam, Institute for Environmental Studies.

McGray & al. (2007). *Weathering the Storm: options for framing adaptation and development*. Washington DC., WRI.

McSweeney C., New M., Lizcano G. *UNDP Climate Change Country Profile, Morocco*. http://country-profiles.geog.ox.ac.uk.

Mediterranean Water Scarcity and Drought Working Group. (2008). *Mediterranean Water Scarcity and Drought Report*. Joint Mediterranean EUWI/WFD Process.

Milly & al. (2008). Stationarity Is Dead:Whither Water Management? *Science* 319 (Février 1): 573-574.

Ministère de l'Environnement et de la Forêt, Turquie (2009). *Stratégie Nationale de la Turquie pour la lutte contre le Changement Climatique*.

Ministère de la Science et de l'Innovation, Espagne. (2009). *Spain's National Strategy for Adaptation to Climate Change.* Présenté au CIRCLE Workshop on National Adaptation Strategies, June 17, Budapest.

Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, Finlande (2009). *Evaluation of the Implementation of Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change*. Helsinki.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques (2007). *Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique*.

Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Maroc (2005). *Rapport national sur la prévention des désastres*.

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. *Quatrième Communication Nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, France. (2008). *Plan Climat de la France*.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (2009). *Assurance des risques naturels en France : sous quelles conditions les assureurs peuvent-ils inciter à la prévention des catastrophes naturelles* ? Paris, Commissariat général au développement durable. (Études & documents).

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (2009). *Cinquième Communication Nationale de la France à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Paris.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (2010). *Plan National d'Adaptation. Rapport des groupes de travail de la concertation nationale*.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (2010). *Projet « Explore 2070 » : Elaboration et évaluation des stratégies d'adaptation au changement climatique en France face à l'volution des hydrosystèmes et des milieux côtiers à l'horizon 2050-2070*. Cahiers des Clauses Techniques Particulières.

Ministère de l'Environnement et des Affaires Rurales et Maritimes (2007). *Plan National de l'Espagne pour l'Adaptation au Changement Climatique*.

Ministère de l'Environnement et des Affaires Rurales et Maritimes, Espagne. (2010). *Water Scarcity and Droughts, Policy Development and Implementation - Spanish Experiences 2007-2010.* Présenté au First Meeting of the Stakeholder Forum on Water Scarcity and Droughts Policy Review, April 27, Brussels.

Ministère de l'Environnement, de la Forêt et de l'Eau (2009). *Albania's Second National Communication to the Conference of Parties under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Tirana.

Nakicenovic N, Swart R. (2000). *Emissions Scenarios. Special Report. IPCC*. http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-fr.pdf.

Newig, J., Pahl-Wostl, C. and Sigel, K. (2005). The role of public participation in managing uncertainty in the implementation of the Water Framework Directive'. *European Environment*, n°15: 333–345.

OCDE (2008). *Economic aspects of adaptation to climate change. Costs, benefits and policy instruments*. Paris, OCDE.

OCDE (2009). *Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement - Document d'orientation.* Paris, OCDE.

Olhoff A., Schaer C. (2010). *Screening tools and guidelines to support the mainstreaming of climate change adaptation into development assistance – a stocktaking report*. New York, UNDP.

ONERC (2007). *Stratégie Nationale d'Adaptation*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

ONERC (2009). *Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France. Rapport de synthèse*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

ONERC (2009). *Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France - Rapport de la deuxième phase*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

Pahl-Wostl C., Downing T. E., Kabat, P., Magnuszewski P. et al. (2005). *Transitions to Apdaptive Water Management: The NeWater Project*. Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück. (Newater Working Paper 1).

Pahl-Wostl C., Sendzimir J. (2005). *The relationship between IWRM and Adaptative Water Management*. (Newater Working Paper No 3).

PEER (2009). *Europe Adapts to Climate Change - Comparing National Adaptation Strategies*. Helsinki, Partnership for European Environmental Research.

Pinhas A., Baldi M., Ilani R., Krichak S., Price C., Rodo X., Saaroni H., & al. (2006). Relations between Climate Variability in the Mediterranean Region and the Tropics: ENSO, South Asian and African Monsoons, Hurricanes and Saharan Dust. In P. Lionello, P. Malanotte-Rizzoli, R. Boscolo. *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier. (Developments in Earth & Environmental Sciences 4).

PNUD (2007). *Climate Change Risks Management. MDG-F Project Concept note*.

Préfecture de la Région Lorraine - MCM CONSEIL – Université Paul Verlaine de Metz (LIEBE – CEPUM) C&S Conseils. (2008). *Effets des changements climatiques sur les politiques publiques en Lorraine – diagnostic global*.

Regional Environmental Center Turkey (2007). *Adaptation to climate change in urban water management in Turkey*. Ankara, REC Turkey.

Requier-Desjardins M. (2010). *Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Maroc et en Tunisie et priorités d'adaptation*. Montpellier, CIHEAM. (Les notes d'analyse du CIHEAM - N°56).

Riad S. (2007). *Disaster Risk Management in Egypt*. Cairo, PNUD.

San-Martin D., Cofino A.S., Herrera S., Gutierrez J.M. (2008). *The ENSEMBLES Statistical Downscaling Portal. An End-to-End Tool for Regional Impact Studies*. Ensembles Project. Technical Paper.

Sauquet E, Ramos M, Y. Souchon. (2007). *Quelles incidences des hypothèses de changement climatique à prendre en compte dans la révision du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée?* Cemagref.

Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc (2009). *Plan National de Lutte Contre le Réchauffement Climatique (PNRC)*.

Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc (2010). *Seconde Communication du Maroc à la CCNUCC*. Rabat.

Sengul H. (2009). *A Preliminary Assessment of the State of the Progress towards a National Climate Change Adaptation programme of Action for Turkey.* Présenté au CIRCLE Climate Change Adaptation Strategies Workshop, June 17, Budapest.

Singla, Stéphanie (2009). *Impact du changement climatique global sur les régimes hydroclimatiques au Maroc : tendances, ruptures et effets anthropiques sur les écoulements*. Mémoire de Master. M2R2E, juin.

Solletty M. (2010). Inondations dans le Var : les raisons de la crue. *Le Monde*, 17 Juin. http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/06/17/inondations-dans-le-var-les-raisons-de-la-crue_1374284_3244.html.

Somot S. (2005). Régionalisation des scénarios de changement climatique. *Environnement, Risques & Santé*; 4(2).

Terray L, Braconnot P. (2007). *Livre Blanc Escrime: Etude des Simulations Climatiques Réalisées par l'IPSL & Météo-France.*

Thivet G., Blinda M. (2009). Réviser les stratégies hydrauliques. In: Bertrand Hervieu et Henri-Luc Thibault (dir.). *Mediterra 2009 : Repenser le développement durable en Méditerranée.* CIHEAM et Plan Bleu. Paris, Presses de Sciences Po. pp. 65-98

Treyer S. (2008). *Rareté future de l'eau en Tunisie: le changement climatique renforce la nécessité d'une stratégie d'adaptation.* Conférence " Faire face aux crises de l'eau dans le bassin Méditerranéen. Quel rôle pour l'Union européenne ? ", 29 Mai, UNESCO.

Ulras A. (2009). *Enhancing the capacity of Turkey to adapt to climate change.* Présenté au CIRCLE Climate Change Adaptation Strategies Workshop, June 17, Budapest.

UNECE (2009). *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. Geneva, Economic Commission for Europe/Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes.

UNFCCC (2006). *Application of environmentally sound technologies for adaptation to climate change*. United Nations Framework Convention on Climate Change. (Technical paper).

UNFCCC (2007). *Investment and financial flows to address climate change*. Bonn, United Nations Framework Convention on Climate Change.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2009). *Progress in reducing disaster risk and implementing Hyogo Framework for Action in the Arab Region.* Regional Office for the Arab States.

Wilby R., Dessai S. (2010). Robust adaptation to climate change. *Weather* 65, n°7 (July): 180-185.

World Resources Institute (WRI) (2009). *The National Adaptive Capacity Framework - Key Institutional Functions for a Changing Climate*.

Liste des illustrations

Figures

Figure 1 Relation entre vulnérabilité, risques et adaptation 10
Figure 2 Représentation schématique de la relation entre domaine de tolérance des éco-socio-systèmes aux variations hydrologiques, vulnérabilité, risque et adaptation 10
Figure 3 Effet du changement climatique sur la fonction de probabilité d'une variable hydrologique (ici la pluviométrie mensuelle moyenne, calculée sur une période de 30 ans) et ses conséquences en termes de sécurité hydrique. 12
Figure 4 Evolution des paradigmes de la gestion de l'eau 15
Figure 5 Les modalités possibles d'évolution d'une variable climatique donnée 16
Figure 6 Stratégies de gestion de l'incertitude 17
Figure 7 Horizons de planification et durée de vie de différents types de politiques et d'investissements 18
Figure 8 Impact de l'incertitude sur l'efficacité des mesures de gestion et d'adaptation dans le secteur de l'eau 19
Figure 9 Différences entre adaptation "optimale" fondée sur la réduction de l'incertitude et adaptation ''robuste" basée sur la l'acceptation et la prise en compte de l'incertitude et du risque 21
Figure 10 Le continuum de l'adaptation dans le secteur de l'eau 22
Figure 11 Les conditions de la transition vers un mode de gestion adaptative de l'eau 23
Figure 12 Mise en place de cadres politiques d'adaptation dans les 7 pays étudiés 26
Figure 13 Principaux facteurs intervenant dans la formulation de politiques d'adaptation pour le secteur de l'eau 28
Figure 14 Niveau d'avancement de l'adaptation dans l'Europe méditerranéenne 29
Figure 15 Mise en place d'un cadre institutionnel de l'adaptation du secteur de l'eau 33
Figure 16 Coordination institutionnelle du Plan national d'adaptation en Espagne 34
Figure 17 Mise en place du cadre législatif et réglementaire de l'adaptation du secteur de l'eau 35
Figure 18 Mise en place des instruments économiques de l'adaptation du secteur de l'eau 37
Figure 19 Mise en place de systèmes de production, de gestion et d'utilisation de l'information et des connaissances sur le climat et l'adaptation 42
Figure 20 Mise en œuvre des différentes mesures d'adaptation au stress hydrique et à la sécheresse dans les pays étudiés 46
Figure 21 Mise en œuvre des différentes mesures d'adaptation au risque d'inondation dans les pays étudiés 48
Figure 22 Représentation fonctionnelle d'un "système d'adaptation" pour le secteur de l'eau 55

Tableaux

Tableau 1 Part relative des prélèvements anthropiques en Méditerranée et pression sur la ressource en eau 7
Tableau 2 Typologie des stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau 14
Tableau 3 Stratégies nationales d'adaptation existantes ou en projet 24
Tableau 4 Analyse SWOT des Stratégies Nationales d'Adaptation 33
Tableau 5 Exemples de mesures et technologies d'adaptation disponibles dans le secteur de l'eau 44
Tableau 6 Typologie de l'état de prise en compte de l'adaptation au sein du secteur de l'eau 51

Plan Bleu pour l'Environnement et le Développement en Méditerrannée
15, rue Beethoven, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
+33 (0)4 92 38 71 30

978-2-912081-28-5