

WEBINAIRES AVITEM

#7 : « Sécheresse en Méditerranée : vers de nouvelles approches » 20 avril 2023



Les intervenants sont les suivants :

- Philippe Meunier – Ambassadeur et Directeur général ; AVITEM
- Ornella Puschiatis ; INALCO
- Alain Meyssonier – Président ; Institut Méditerranéen de l'Eau – Gouverneur ; Conseil Mondial de l'Eau
- Marielle Montginoul – Directrice de recherche en économie ; UMR G-Eau (Montpellier) - Présidente ; Conseil scientifique du Comité de bassin Rhône Méditerranée
- Mohamed Sinan – Professeur ; École Hassania des Travaux Publics (Casablanca)- Expert en Ressources en eau et en changement climatique.

Mohamed Sinan – Professeur ; École Hassania des Travaux Publics (Casablanca). Expert en Ressources en eau et en Changement climatique.

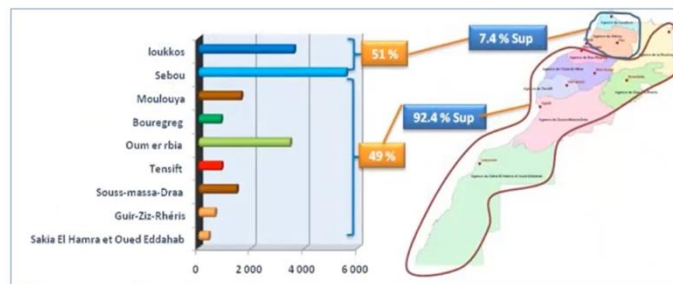
Les ressources en eau, potentiel et contraintes diverses dans le contexte du changement climatique et mesure d'adaptation

1. Ressources en Eau du Maroc : contraintes naturelles et anthropiques A) Contraintes naturelles

La première contrainte est la rareté des ressources dans un climat aride, voire hyper-aride dans le sud, avec un fort stress hydrique. Les précipitations engendrent un volume d'eau important soit près de 140 milliards de m³/an. Malheureusement, près de 85% de ces ressources repartent dans l'atmosphère sous forme d'évaporation, ne laissant que 22 milliards de m³/an, répartis en 18 milliards de m³ d'eau de surface et 4 milliards de m³ d'eaux souterraines.

Il y a aussi une mauvaise répartition spatiale des ressources en eau. 51% des ressources en eau du Maroc sont réparties sur une superficie de 7,4% au nord-ouest du pays, ce qui représente une contrainte importante pour le reste du pays.

Mauvaise répartition spatiale des ressources en eau



Potentiel des ressources en eau superficielles

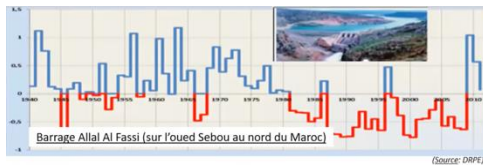


Potentiel des ressources en eau souterraines



À cela s'ajoute une mauvaise répartition temporelle : les apports d'eau sont irréguliers d'une année à l'autre avec une tendance très nette à la baisse du potentiel des ressources en eau.

Le bassin de Sebou, l'un des plus riches du Maroc en ressources en eau (environ 30% du potentiel national), enregistre également une tendance à la baisse de ces ressources en eau.



Les apports d'eau aux barrages sont de plus en plus fréquemment en dessous de la moyenne.

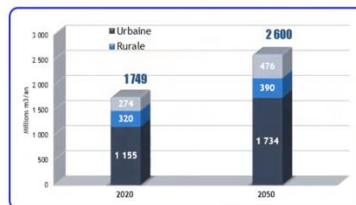
C'est sans compter l'érosion des bassins versants et l'envasement des retenues des barrages. 23 millions d'hectares sont vulnérables à l'érosion, provoquant des pertes de la capacité globale de stockage des retenues des barrages, avec une moyenne nationale d'environ 75 millions de m³/an.

B) Contraintes humaines

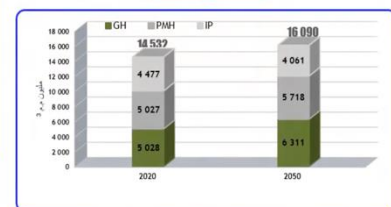
La demande en eau est en forte croissance, les projections estiment les consommations à la hausse d'ici 2050.

L'agriculture consomme au moins 85 % des ressources en eau utilisées au Maroc, suivie par le secteur de l'eau potable et de l'industrie.

Eau potable et industrielle



Eau agricole

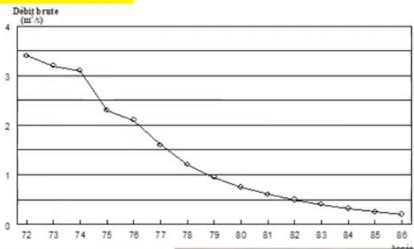


La baisse des ressources en eau incite la population à puiser dans les eaux souterraines (à travers des puits et des forages, dont la plupart n'est pas autorisée), ce qui a entraîné un grave déficit des nappes marocaines, évalué à environ un milliard de m³/an. Des sources qui débitaient des centaines de litres par seconde avant 1980 ne débitent plus aujourd'hui que quelques litres par secondes.

Les Khetaras, des galeries ancestrales marocaines creusées par l'homme et dont la réalisation peut prendre plusieurs années, sont orientées de sorte à toucher l'eau à un point particulier. La quasi-totalité de ces ouvrages est dénoyée depuis plusieurs décennies.

**Baisse ou tarissement des débits des Khettaras
(Galeries souterraines ancestrales au Sud du Maroc)**

Schéma simplifié d'une « khettara »



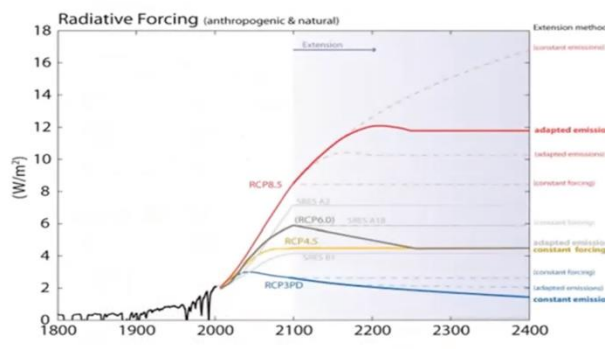
Inévitablement, la qualité naturelle des ressources en eau superficielles et souterraines se dégrade, également en raison de plusieurs sources de pollution, notamment d'origine agricole (utilisation non rationnelle des engrais chimiques, teneur en nitrates dépassant 50 mg/l dans certaines nappes : Fès-Meknès, Gharb, Doukkala, R'Mel...), industrielle et domestique.

2. Ressources en eau du Maroc : vulnérabilité au changement climatique

Le changement climatique aggrave la situation des ressources en eau, déjà difficile au Maroc. Le cinquième rapport du GIEC prévoit une augmentation de la température de 2% à 4% et une diminution des précipitations de 5% à 20% à l'horizon 2100.

Scénarios d'émission des GES RCP considérés par le 5^{ème} rapport du GIEC

Scénario	Forçage radiatif	Concentration en CO ₂ (ppm)	Trajectoire des concentration en CO ₂
RCP 8.5	>8,5 Wm ² en 2100	>1370 eqCO ₂ en 2100	Croissante
RCP 6.0	~6.0 Wm ² au niveau de stabilisation après 2100	850 eqCO ₂ au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~4.5 Wm ² au niveau de stabilisation après 2100	660 eqCO ₂ au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	Pic à 3 Wm ² avant 2100 puis déclin	Pic 490 eqCO ₂ en 2100	Pic puis Déclin Seul compatible avec un réchauffement au maximum de 2°C.



(Source : GIEC 2013a)

Le Maroc a actualisé les projections à l'occasion de la COP de 2016. Le scénario favorable prévoit une hausse globale des températures moyennes annuelles entre 1 et 1,5°C à la fin du

siècle et une baisse des précipitations moyenne annuelle comprise entre 0 et 10% au nord et de 20% dans les zones sahariennes et oasiennes par rapport à la période 1986-2005.

Le scénario défavorable, plus inquiétant, prévoit une hausse des températures moyennes annuelles variant entre 3° et 5° et dépassant 5°C dans les zones sahariennes et oasiennes à la fin du siècle, ainsi qu'une baisse des précipitations moyennes annuelles d'environ 20% et atteignant 40% dans les zones situées à l'ouest de la chaîne atlasique.

Les projections du stress hydrique à l'horizon 2040 réalisées par le World Ressources Institute placent le Maroc et toute l'Afrique du Nord dans la catégorie de pays avec une extrême vulnérabilité au changement climatique, confirmant les précédentes projections effectuées au Maroc (par l'équipe d'experts pilotée par le Pr. Mohamed Sinan).

L'une des conséquences immédiates du changement climatique sur les ressources en eau est la baisse du taux de remplissage des retenues de barrages au Maroc. En 2021, le taux de remplissage atteignait 50,6% contre 32,8% en 2022. Actuellement (24 juin 2023), ce taux de remplissage moyen au niveau national du Maroc est de 32.5 %.

Dans les années 1960, le Maroc était paradoxalement considéré l'un des pays les plus riches en eau avec une moyenne de 2 600 m³/hab/an. Puis la population a été multipliée par quatre environ et cette moyenne a été divisée environ quatre.

Une autre contrainte apparaît : l'accentuation de la fréquence et de l'ampleur des phénomènes climatiques extrêmes. Les inondations sont telles qu'il y a eu plusieurs fois des dégâts humains, notamment depuis les années 2000.

Cela n'est pas sans conséquences sur les rendements agricoles, qui montrent des tendances très nettes à la baisse.

Baisse des rendements agricoles (Orge et Blé en bour) pour deux scénarios du GIEC, A2 et B2

(Source: Seconde Communication Nationale du Maroc sur le Changement Climatique, 2010)



3. Nouvelles stratégies nationales de l'eau

Ce cumul a amené le Maroc à réfléchir à une nouvelle **stratégie nationale de l'eau** présentée devant Sa Majesté en 2009. Elle est constituée de trois axes :

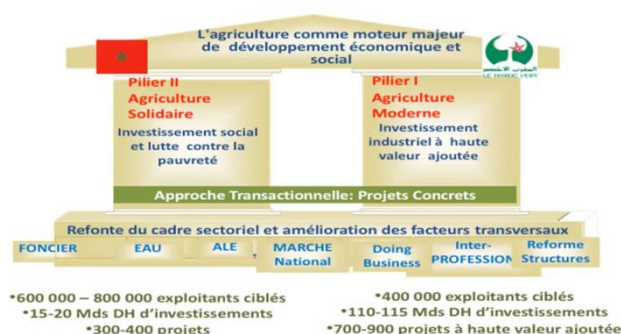
- Axe 1 : gestion de la demande et valorisation de l'eau
 - Reconversion à l'irrigation localisée : 50 000 ha/an
 - Résorption du retard d'équipement hydro agricole des superficies dominées par les barrages : 150 000 ha
 - Programme d'économie d'eau potable, industrielle et touristique
- Axe 2 : gestion et développement de l'offre
 - Poursuite de la mobilisation des ressources en eau conventionnelles
 - Dessalement de l'eau de mer : 580 Mm³/an
 - Réutilisation des eaux usées épurées : 390 Mm³/an
- Axe 3 : préservation et protection des RE, du milieu naturel et des zones fragiles
 - Protection des RE souterraines et reconstitution des nappes : recharge artificielle des nappes, contrats de nappes...
 - Protection de la qualité des RE et lutte contre la pollution : programmes nationaux d'assainissement et de lutte contre la pollution industrielle
 - Sauvegarde des bassins versants, oasis et zones humides

En parallèle, le **programme d'urgence d'alimentation en eau potable et d'irrigation (2020-2027)** a été mis en place avec un budget d'environ 143 milliards de dirhams, soit l'équivalent d'environ 14 milliards d'euros.

- Axe 1 : amélioration de l'offre hydrique
 - Réalisation de 20 nouveaux grands barrages d'une capacité globale de stockage de 6,6 milliards de m³
 - Réalisation de 909 petits barrages et de barrages collinaires
 - Accélération du projet d'interconnexion des bassins hydrauliques de Sebou, du Bouregreg et d'Oum Er-Rbia, avec la réalisation en cours de la tranche urgente de cette interconnexion sur 67 km (projet prévu d'être mis en service en juillet-août 2023);
 - Renforcement de la prospection des eaux souterraines
 - Réalisation de nouvelles stations de dessalement d'eau de mer qui viendront s'ajouter à celles déjà opérationnelles de Laâyoune, Boujdour, Tan-Tan, Akhfenir et Agadir
 - Renforcement de l'approvisionnement en eau potable du monde rural, en élargissant la couverture à plus de douars et en renforçant les moyens logistiques et humains mobilisés.
 - Augmentation de la capacité de réutilisation des eaux usées épurées.
- Axe 2 : gestion de la demande et valorisation de l'eau, notamment dans le secteur agricole
 - Reconversion de l'irrigation gravitaire en irrigation économe d'eau. Superficie concernée : 510 000 hectares qui bénéficieront à 160 000 agriculteurs

- Poursuite du programme national d'économie d'eau d'irrigation (PNEEI) : conversion des systèmes d'irrigation traditionnels en système d'irrigation goutte-à-goutte, bénéficiant à 100 000 agriculteurs
- Amélioration du rendement des réseaux de distribution d'eau potable dans les villes et centres urbains à hauteur de 78% à l'horizon 2027, avec une économie de près de 207 millions de m³ d'eau/an.

Le plan Maroc Vert, stratégie nationale agricole du Maroc, repose quant à lui sur deux piliers : l'agriculture moderne et l'agriculture solidaire. Il intègre un Programme extension irrigation (PEI).



Conjointement, le **programme national d'économie de l'eau en Agriculture (PNEEI)** tend à généraliser des techniques d'irrigation localisée avec un objectif de 40 000 ha/an jusqu'à 2020 sur une superficie totale de 550 000 ha. Il vise également l'amélioration des rendements des réseaux d'adduction vers les périmètres irrigués, la promotion de la gestion participative en irrigation avec l'implication des associations locales et les services régionaux de l'agriculture, le réajustement tarifaire de l'eau d'irrigation par l'adoption des techniques modernes d'irrigation et d'économie d'eau, l'encadrement et la sensibilisation des agriculteurs à l'adoption de techniques modernes d'irrigation et d'économie d'eau. Ces mesures devraient permettre d'économiser 2,4 milliards de m³ d'eau/ avec un investissement global de 26 milliards de Dh.

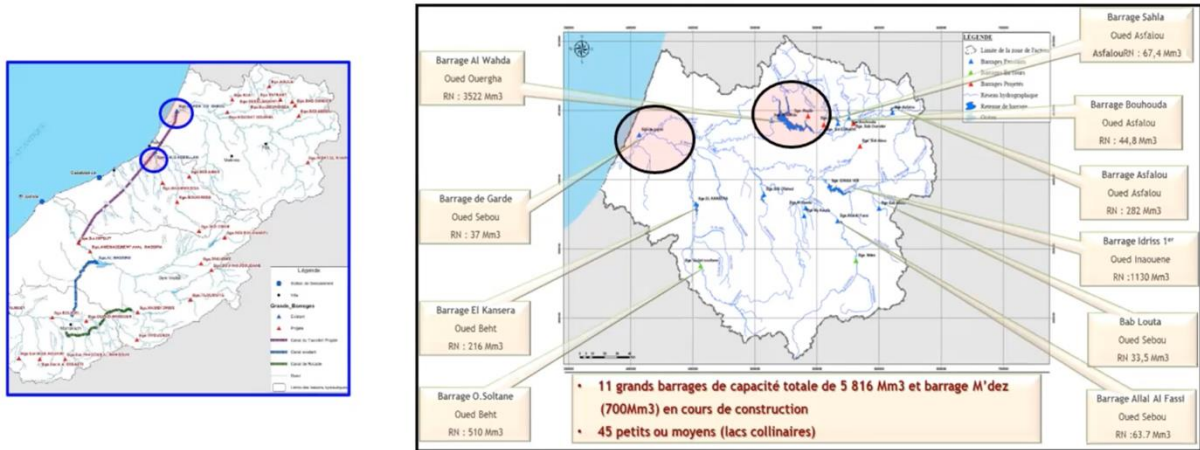
Cinq grands projets agricoles ont été un succès du partenariat public-privé (PPP)

- 1) Irrigation de 10.000 ha d'agrumes dans la zone El Guerdane (région d'Agadir)
- 2) Projet de dessalement de l'eau de mer, capacité de 150 Mm³/an pour l'irrigation de 15 000 ha afin de satisfaire les besoins en eau potable de la région de Chtouka Ait Baha (région d'Agadir)
- 3) Projet de dessalement d'eau de mer (30 Mm³/an) pour l'irrigation de 5 000 ha dans la région de Dakhla (provinces sud du Maroc)
- 4) Projet d'irrigation d'une superficie de 3 200 ha à Azemmour-Bir Jdid (province d'El Jadida)
- 5) Projet pour sauvegarder la nappe de la plaine de Saïss (région de Fès-Meknès) avec un apport de 125 Mm³/an [en cours de réalisation]

4. Quelques réalisations du Maroc dans le secteur de l'eau

Projets de transfert d'eau entre les bassins de Sebou (l'un de ceux qui reçoivent plus de 50% des ressources en eau du pays) et Bouregreg.

Aménagements hydrauliques du Bassin du Sebou



Ce projet de transfert est mis en place pour lutter contre les pertes d'eau en mer qui s'élèvent à 910 Mm³/an. Il était urgent de récupérer cette eau et de la transférer vers les bassins déficitaires (Bouregreg, alimentant en eau potable et industrielle les deux grandes agglomérations de Rabat et de Casablanca). Le

Projet de transfert d'eau du bassin Sebou vers le bassin de Bouregreg (Nord-Ouest du Maroc)

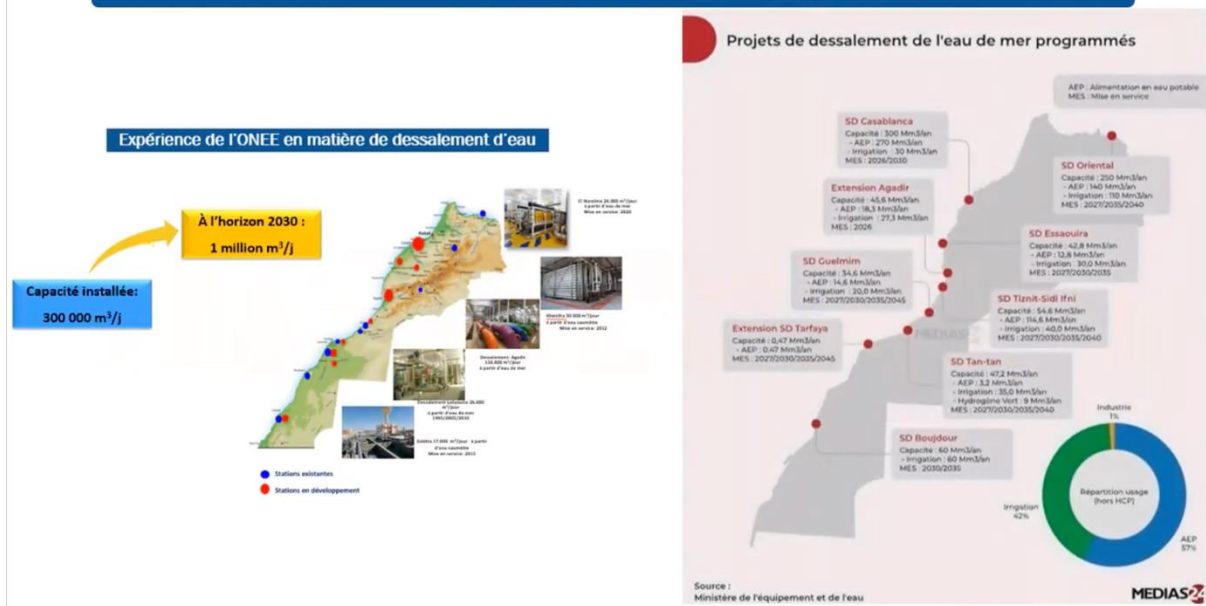


Le volume d'eau total moyen transférable vers les autres bassins déficitaires est de 800 Mm³/an. La première tranche urgente de transfert (400 Mm³/an) est en cours de réalisation, la mise en service est prévue pour l'été 2023. L'objectif du projet est la sécurisation de l'alimentation en eau potable, industrielle et touristique de la zone côtière située entre les agglomérations de Rabat et de Casablanca via le transfert d'un volume

Transfert d'eau sur environ 70 km

moyen annuel d'environ 300 Mm³/an.

Stations de dessalement en service et programmées



Cela fait déjà plusieurs années que des stations de dessalement sont en activité au sud du Maroc. Récemment, une station de dessalement sur la Méditerranée a été mise en service (2022) pour l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville d'AL Hoceima. En 2022, une station à Agadir a été mise en service, permettant l'accès à l'eau potable et prochainement à l'irrigation. Le Maroc vient de déclarer la réalisation d'une vingtaine d'autres stations d'ici 2030, afin d'atteindre un volume d'eau dessalée de 1,3 milliards de m³/an.

Une nouvelle terminologie se dessine. Avant, on parlait de solidarité de l'amont vers l'aval, aujourd'hui on parle de solidarité de l'aval vers l'amont. Cela signifie qu'à l'aval seront utilisées les stations de dessalement et l'eau douce conventionnelle qui arrive dans les régions intérieures reste là où elle est pour satisfaire les besoins en eau potable et agricoles.

Quelques réalisations de l'ONEE en dessalement de l'eau de mer

Salinité de 35 à 38 g/l

Laâyoune

- ☐ Capacité installée : 26.000 m³/j
- ☐ Technologie : Osmose inverse
- ☐ Mises en service : 1995, 2005, 2010



Boujdour

- ☐ Capacité installée : 11.000 m³/j
- ☐ Technologie : Osmose inverse
- ☐ Mises en service : 1995, 2005, 2011, 2016



Al Hoceima

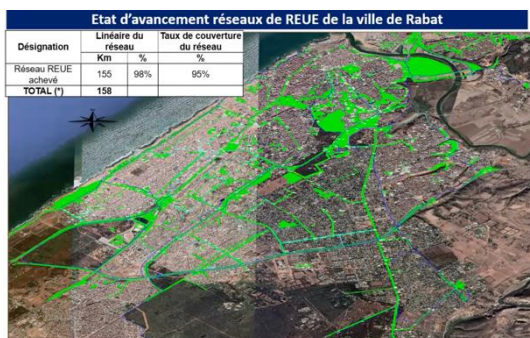
- ☐ Capacité : 17.280 m³/j
- ☐ Technologie : Osmose inverse
- ☐ Mise en service : 2020



M. Khalid TAHRI
Directeur Technique et Ingénierie

De nombreux projets d'épuration et de réutilisation des eaux usées et épurées et études se multiplient également à travers le Maroc, dont voici quelques exemples :

- Étude de réutilisation des eaux usées épurées pour l'arrosage des espaces vers de Rabat-Salé-Skhirat et Temara
- Étude de faisabilité de la réutilisation des eaux usées épurées de la ville de Fès
- Étude de la réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts de la ville d'Oujda
- Étude de mise à niveau et d'extension de la STEP de Mzar en vue de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'arrosage des golfs et des espaces verts de la ville d'Agadir et pour la satisfaction des besoins en eau du projet Managem
- Étude technique et suivi des travaux du programme intégré de réutilisation des eaux usées épurées pour l'arrosage des espaces verts et des golfs dans les communes de Casablanca et de Mohammedia.



Autre méthode : le Maroc a recours à la recharge artificielle des nappes. La première expérience réalisée au Maroc date des années 1980 dans la nappe de Charf El Akab (région de Tanger), de petite extension (une vingtaine de Km²) mais avec une importante capacité de stockage. De l'eau sous pression est injectée dans des fosses en hiver, et récupérée après en été par forages pour alimenter en eau potable la ville de Tanger (l'une des plus importantes villes touristiques du Maroc), dont les besoins en eau augmentent en été. Ce fonctionnement a perduré pendant plusieurs décennies jusqu'à la réalisation d'autres barrages permettant l'autonomie en eau, mais est toujours utilisé en cas de besoin. Les seuils de l'oued Souss, illustré ci-dessus, sert à freiner l'écoulement et favoriser la filtration de l'eau dans le lit du cours d'eau.

Seuils sur l'oued Souss pour la recharge artificielle de la nappe de Souss



Fosses de recharge artificielle de la nappe de Charf EL Akab (Région de Tanger)



Le barrage Al Massira, le deuxième plus grand du Maroc, n'est actuellement rempli qu'à 10%, témoignage de la sécheresse que subit le Maroc depuis de nombreuses années, pays qui fait partie de ceux qui ont le plus mobilisé les ressources potentielles moyennes.

Barrage Al Wahda
Capacité de stockage: 3,8 Milliards m³



Barrage Al Massira
(Capacité de stockage: 2,7 Milliards m³)

Canal de Rocado-Région de Marrakech

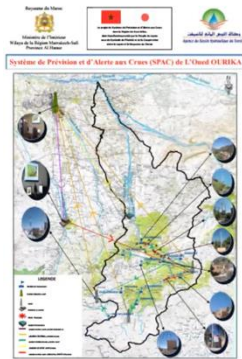


Figure 3: Zone d'action de l'ORMVAH et localisation du canal de Rocado

Le canal de Rocado détourne les eaux de l'ouest Lakhdar (bassin de l'oued Oum Er Rbiaa) vers la plaine du Haouz de Marrakech (bassin du Tensift : irrigation et eau potable sur une longueur totale d'environ 120 km. Il permet le transfert

d'un volume d'eau moyen annuel de 300 Mm³ depuis les barrages Moulay Hassan 1^{er} et Sidi Driss vers la partie centrale de la plaine du Haouz de Marrakech : 260 Mm³ pour l'irrigation et 40 Mm³ pour l'alimentation de Marrakech en eau potable.

Système d'Alerte des crues (SPAC) de l'Oued Ourika (Haut Atlas)



Poste d'alerte Seti fadma 1

Des systèmes d'alerte de crues (SPAC) ainsi que des systèmes de mesure automatique ont été mis en place dans les différentes régions du Maroc, notamment les plus vulnérables aux inondations. Des plateformes dans les agences de bassins hydrauliques permettent de prévoir les crues et d'annoncer

Mesure des débits des cours d'eau superficiels (jaugage)



en cas de besoin les risques d'inondation aux autorités compétentes.

Le super collecteur à l'ouest de Casablanca protège la ville des inondations grâce à un système de captage des eaux pluviales par une galerie souterraine. Cette galerie



amène l'eau de l'intérieur directement vers la mer.

Enfin, la **station de transfert d'énergie par pompage (STEP)** d'Afourer est un aménagement qui exploite l'énergie excédentaire dans le réseau pendant les heures creuses pour la stocker sous forme d'énergie potentielle de l'eau dans un bassin supérieur. Pendant les heures de pointe, on turbine cette eau vers un bassin inférieur. La même eau est recyclée plusieurs fois entre les deux bassins, permettant une réelle économie d'eau. Cette première STEP date de plusieurs années, une deuxième est en cours d'aménagement dans la région d'Agadir. Depuis l'indépendance, l'eau a été reconnue par le Maroc comme un secteur prioritaire national.

Station de transfert d'énergie par pompage (STEP) de Afourer



Pierre Massis : La volonté politique et la capacité de réalisation technique derrière tous ces travaux est impressionnante. Assez peu de pays, en Afrique ou en Méditerranée, sont au niveau de cette structure d'organisation et de réalisation.

Philippe Meunier : Toutes ces présentations sont impressionnantes, notamment les réalisations marocaines. Ces échanges très riches sont des pistes de progrès et les chemins vers ces solutions passent, comme le disait Alain Meyssonier, par la coopération méditerranéenne. La dynamique méditerranéenne a dans ce domaine un fort potentiel pour progresser et faire progresser d'autres régions dans le monde. L'intervention de Madame Montginoul sur le lien entre l'énergie solaire et l'eau soulève de la curiosité car la région PACA a mené des expériences très bénéfiques sur des surfaces d'eau accueillant des panneaux solaires.

Alain Meyssonier : La coopération est indispensable. L'exemple marocain est particulièrement pertinent. Avec la Tunisie, le Maroc est probablement l'un des premiers et rares pays, compte tenu de la pression causée par le stress hydrique, à avoir décidé en bonne intelligence de donner la priorité à l'eau dès les années soixante au lendemain de son accession à l'indépendance. De l'eau dépend le développement du pays. Les réalisations de l'OCP dans le domaine de l'énergie et des eaux non conventionnelles sont impressionnantes. C'est la preuve que le pays tout entier est derrière cette priorité donnée à l'eau. La réutilisation des eaux usées à Marrakech, ce sont essentiellement pour les golfes. Sur onze prévus, huit ou neuf ont été réalisés. Ce modèle économique fonctionne très bien, mais ayant une visée touristique, cela nécessite une nouvelle réflexion sur le sujet. Même s'il y a urgence, il est nécessaire de prendre le temps de se poser les bonnes questions sur ce que nous voulons faire de l'eau et sur les usages. Les solutions techniques existent. À cet égard, le Sud a beaucoup à apporter au Nord parce qu'il a 20 ou 30 ans d'expériences supplémentaires malheureuses de sécheresse. En regardant le Sud, on voit les solutions qu'on risque de bientôt devoir mettre en œuvre au Nord. L'eau et l'énergie sont un même combat, même si l'eau est bien plus vitale et que le monde de l'énergie des hydrocarbures est fini, l'avenir se tourne vers les énergies renouvelables qui nécessitent toutefois des matières premières finies. La balance présentée par Marielle Montginoul est très parlante, il faut retrouver un équilibre.

Pierre Massis : J'ajouterai même que le dynamisme décrit par le professeur Sinan autour de l'eau est le même que le dynamisme autour de l'énergie. C'est positif mais aussi préoccupant. Chercher l'eau, multiplier les forages... participe à rarifier la ressource.

Question de Mokhtar Bzioui à Marielle Montginoul : Est-ce que la France a prévu une tarification spéciale sécheresse ?

Marielle Montginoul : La tarification progressive incite à la sobriété mais il n'y a pas de tarification sécheresse prévue pour le moment, cela nécessite réflexion. Une telle tarification amènerait, en temps de sécheresse, à faire payer l'eau à un prix plus élevé. Pour y parvenir, il est important d'avoir des compteurs à télérelève dédiés à l'eau potable, ce qui prend du temps à mettre en place. Pour les autres usages, il peut y avoir des tarifications saisonnières.

Pierre Massis : Retenons quelques maîtres mots : la sobriété, les usages, les comportements, la coopération qui est fondamentale. Félicitations au Maroc pour les efforts fournis et les réussites accomplies.