

# Estimation et disposition des débits environnementaux dans les cours d'eau méditerranéens

Concepts, méthodologies et pratique émergente

---

Étude de Cas Méditerranéen

## Revue de quelques éléments de base pour l'évaluation des débits environnementaux en Basse Moulouya

Author

**Maria Snoussi**

**Professor, Université Mohamed V, Morocco**

Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN.



Les études de cas méditerranéens de ce dossier informatif ont été possibles grâce au financement du gouvernement hollandais par le biais de l'Initiative pour l'Eau et la Nature et le soutien financier du Ministère des Affaires Étrangères, Direction Générale pour la Coopération et le Développement, Italie.



Le soutien principal aux activités du Centre pour la Coopération Méditerranéenne de l'UICN a été apporté par:



# Revue de quelques éléments de base pour l'évaluation des débits environnementaux en Basse Moulouya

## I. CONTEXTE DE LA BASSE MOULOUYA:

### Situation et géographie :

Avec une superficie de 54.500 km<sup>2</sup>, le bassin versant de la Moulouya est le plus grand bassin hydrographique du Maroc et des fleuves non sahariens d'Afrique du Nord. Sur le plan morphologique dès l'amont, la Moulouya parcourt des zones de plaine sur une longue distance, alors que les zones de montagne fournissent l'eau et les sédiments par l'intermédiaire de ses nombreux affluents. A la sortie des gorges taillées dans des monts calcaires, le cours de la Moulouya, souvent sinueux, coule dans une plaine plus large. Il parcourt une distance de 75 km pour se jeter en Méditerranée, au milieu d'une plaine côtière deltaïque, large de 4 km et longue de 20 km.

La zone d'embouchure et son complexe marécageux représentent un Site d'intérêt biologique et écologique (SIBE) sur environ 3.000 hectares ; C'est un refuge pour de nombreux oiseaux d'intérêt mondial ou national et l'habitat privilégié pour une faune diversifiée et des formations végétales exceptionnelles pour le Maroc.

Le climat du bassin de la Moulouya est de type méditerranéen semi-aride avec une irrégularité très marquée des précipitations. Le volume moyen annuel des précipitations est estimé à 1.400 millions de m<sup>3</sup> (DGH, 1971) avec un indice pluviométrique annuel variant entre 230 et 380mm. La tranche ruisselée est évaluée à 16 mm pour une précipitation moyenne de 300mm.

La population du bassin de la Moulouya représentait environ 2.2 millions d'habitants en 1994. Elle est à dominante rurale avec une nette tendance à l'urbanisation, en raison de la faiblesse des structures de fixation par le milieu rural et de l'augmentation des flux migratoires. Les tendances évolutives à l'horizon 2020 par rapport à 1985 prévoient une forte croissance de la population notamment dans la région de la Basse Moulouya (x 2,13).

Les activités socio-économiques sont dominées par le secteur agro-pastoral et par des activités industrielles concentrées dans les régions du Nord.

### Politique nationale en matière de l'eau et cadre administratif :

Plusieurs administrations sont impliquées dans le secteur de l'eau au niveau national en général et au niveau du bassin de la Moulouya en particulier: la Direction Générale de l'Hydraulique, l'Office National de l'Eau Potable, le Département des Eaux et Forêts et de la lutte contre la Désertification, L'Office de Mise en Valeur Agricole de la Moulouya, le Secrétariat d'Etat de l'Environnement et le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau. A l'échelle inter-sectorielle, le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat est chargé de formuler les orientations générales de la politique nationale de l'eau, et l'Agence du Bassin Hydraulique de la Moulouya d'organiser et de conduire la gestion de l'eau à l'échelle du bassin.

Sur le plan législatif, l'adoption de la loi 10-95 sur l'eau et de ses principaux textes d'application, permet une gestion des ressources en eau plus efficace, décentralisée et concertée à tous les niveaux entre les services de l'administration, les usagers de l'eau et les élus. C'est grâce à cette loi que les agences de bassin ont été créées, pour gérer l'eau de manière cohérente en tenant compte de l'ensemble du bassin versant.

## II- DEVELOPPEMENT ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Le bassin de la Moulouya connaît une situation de déficit structurel en eau. Le régime très irrégulier des précipitations et de l'écoulement limite les possibilités de l'agriculture pluviale et de l'alimentation en eau potable et industrielle, ce qui a rendu nécessaire le recours à la régularisation des apports d'eau par la construction du complexe hydraulique Mohamed V-Mechra Homadi et des ouvrages annexes.

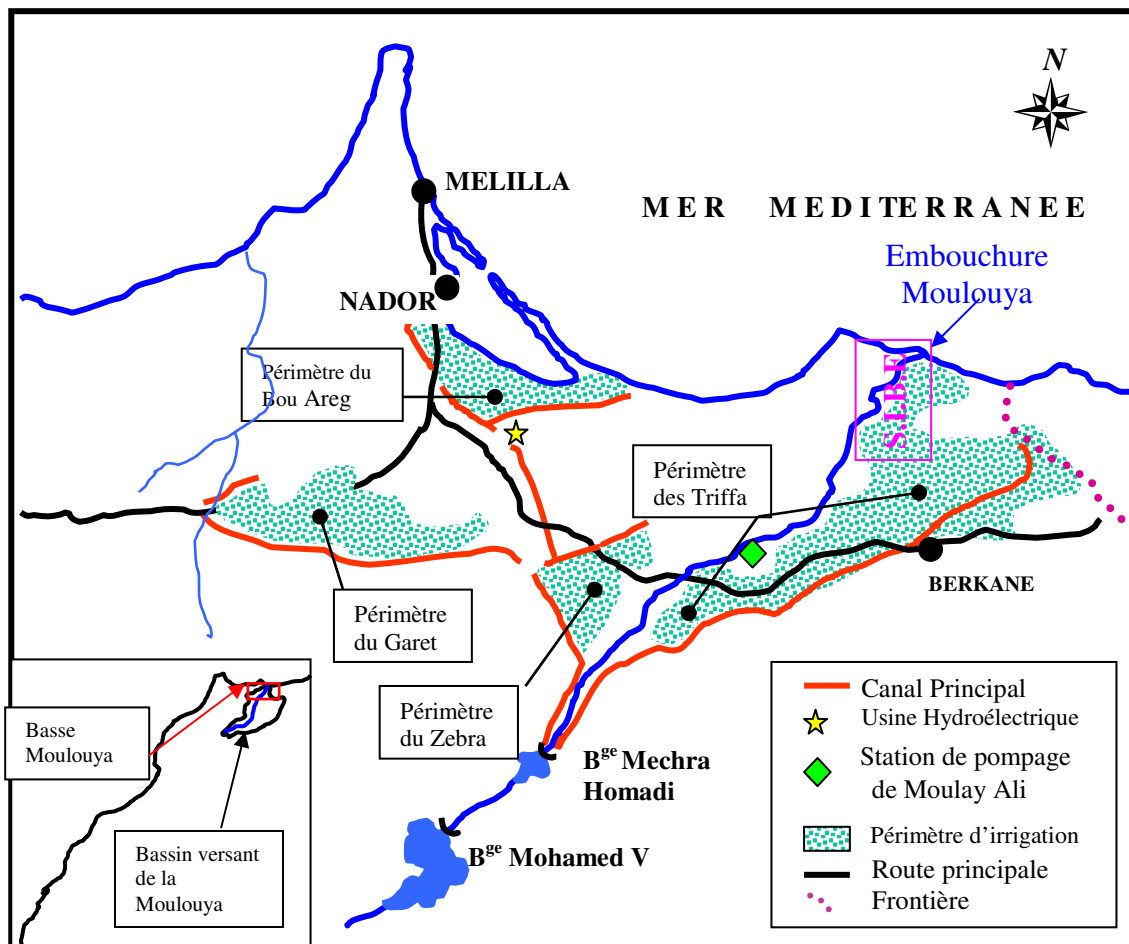


Fig. 1 : Situation et aménagement de la Basse Moulouya

### 1-Mobilisation des eaux de surface :

Les principaux ouvrages de mobilisation des eaux de surface existant dans le bassin versant de la Moulouya sont représentés dans le tableau 1.

Ouvrages hydrauliques existants	Usages
Complexe hydraulique des barrages Mechra Homadi (1957) et Mohamed V (1967) sur la Moulouya	- Irrigation des plaines de la basse Moulouya (524 Mm <sup>3</sup> /an) - Alimentation en eau potable des villes de Berkane, Nador et centres voisins (30 Mm <sup>3</sup> /an) - Production de l'énergie électrique (29MW)
Barrage Hassan II sur l'oued Za (1995)	- Renforcement de l'irrigation le long de l'oued Za (34 Mm <sup>3</sup> /an) - Volume réservé au renforcement de l'alimentation en eau potable des villes d'Oujda, Laayoune et Taourirt (38 Mm <sup>3</sup> /an)
barrages et lacs collinaires	Abreuvement du cheptel et protection de certains centres contre les inondations
Station de pompage Moulay Ali (1993)	Renforcement de l'irrigation dans la plaine des Triffa (basse Moulouya)

Tableau 1: Ouvrages hydrauliques existant dans le bassin de la Moulouya (Naïmi, 2002)

Le barrage Mohamed V est le plus grand ouvrage construit sur la Moulouya ; il est situé à environ 75 km de l'embouchure et a été mis en service en 1967. Il assure l'irrigation des plaines de la basse Moulouya à travers les volumes d'eau lâchés et dérivés au barrage de compensation de Mechra Homadi d'où partent 2 canaux principaux : le canal des Triffa, en rive droite et le canal rive gauche qui alimente les périmètres du Zebra, Garet et Bou Areg (Fig. 1).

Les lâchers d'eau sont décidés en premier lieu pour évacuer les fortes crues afin d'assurer la sécurité des barrages, ou encore pour les besoins de l'irrigation selon la saison, le volume disponible dans la barrage et la campagne agricole.

Le barrage Mohamed V est également équipé d'une centrale hydroélectrique qui turbine les eaux d'irrigation et une partie des apports excédentaires.

## **2- Hydrologie de la Moulouya en aval des barrages :**

- En aval du barrage Mechra Homadi, la Moulouya est essentiellement alimentée par les apports des résurgences au niveau des gorges. La mise en service de la station de pompage de Moulay Ali en 1993, visait à en prélever 3 à 4 m<sup>3</sup>/s pour apporter aux irrigations de la plaine des Triffa un complément de ressource. Toutefois, le coût élevé de cette opération ainsi que les perturbations causées aux irrigations de PMH, ont limité l'exploitation de ces résurgences, et on peut dire que actuellement, ces résurgences continuent de jouer leur rôle de débit environnemental en atténuant l'effet d'abstraction des eaux imposé par tous ces aménagements. A l'aval de Moulay Ali, des apports complémentaires mais plus ou moins saumâtres, car provenant du drainage des terres irriguées sont estimés à environ 2 m<sup>3</sup>/s.
- Plus en aval, la Moulouya reçoit sur sa rive droite l'oued Charaa dont l'affluent l'oued Zegzel draine les monts calcaires des Béni Snassen. Celui-ci a un débit moyen annuel de 135 Mm<sup>3</sup>/an qui correspond dans sa majorité aux crues, car le débit pérenne ne dépasse guère les 100 l/s. Toutefois, l'oued Cherraa est dérivé pour l'irrigation et se trouve souvent à sec bien avant de rejoindre le cours principal de la Moulouya.

## **3- Les eaux souterraines:**

En ce qui concerne la basse Moulouya et la région de Nador, le bassin hydrogéologique comporte:

- la nappe phréatique des Triffa, dans laquelle 3.000 puits sont actuellement utilisés comme appoint à l'eau de surface pour l'irrigation. Toutefois, le problème majeur est la salure de cette nappe notamment dans les zones basses. Sur l'ensemble de la nappe, seule une zone couvrant le tiers de la superficie convient à l'irrigation (salinité variant de 0,5 à 1,5 g/l).
- la nappe des Béni Snassen, constitue un aquifère important constitué par les calcaires dolomitiques du Lias. Les sources sont utilisées pour l'irrigation et les forages pour l'alimentation en eau potable.
- les nappes phréatiques du Garet et Bou Areg sont alimentées par la pluie et les retours d'irrigation. La qualité chimique est médiocre car la minéralisation globale varie entre 2 et 16 g/l.
- Le volume total d'eau souterraine exploité actuellement à partir des différents aquifères est évalué à environ 230 Mm<sup>3</sup> dont les 2/3 sont utilisés pour l'irrigation.

## **3- Bilan actuel de l'utilisation des eaux:**

Les ressources en eau mobilisées représentent 1.122 Mm<sup>3</sup>/an, alors que la demande est de 1.222 Mm<sup>3</sup>/an. La consommation de l'eau mobilisée se fait principalement par l'agriculture (95%) et les ménages. Ce bilan déficitaire de 100 Mm<sup>3</sup>/an place le bassin de la Moulouya dans une situation de pénurie d'eau.

Les priorités politiques de gestion de l'eau, notamment en période de crises de sécheresse visent d'abord et avant tout, à satisfaire la demande en eau potable et agricole des populations. A chaque campagne agricole, les gestionnaires de l'eau et les agriculteurs tentent de trouver un consensus pour l'allocation des débits mais la rareté de la ressource génère souvent des conflits entre les différents utilisateurs.

La conservation des valeurs écologiques des zones humides en aval des barrages a jusqu'à présent été absente de ces politiques. Ce n'est que récemment, avec le statut de SIBE et le projet MedWetCoast que l'intérêt de protéger ces zones a été reconnu.

### III- CONTRAINTES D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

La régularisation de l'oued Moulouya a certes eu beaucoup d'avantages sur le développement socio-économique de la région, néanmoins un certain nombre de contraintes empêchent la poursuite normale de la stratégie de gestion de l'eau et incitent les décideurs à rechercher d'autres solutions ou d'adapter leur programme de gestion. Parmi ces contraintes on peut citer:

#### *- L'envasement rapide des retenues de barrages:*

Les barrages Mechra Homadi et Mohamed V ont été identifiés par le Ministère des Travaux Publics (1996) comme étant critiques du point de vue du volume envasé pour le premier et du point de vue durée de vie pour le second.

Le volume du barrage Mechra Homadi est passé de 42 Mm<sup>3</sup> initialement à seulement 8 Mm<sup>3</sup>. Il a déjà fait l'objet en 1995 d'un projet de dévasement qui visait à récupérer 3 Mm<sup>3</sup> de volume perdu.

L'envasement rapide de la retenue Mohamed V est un autre phénomène préoccupant car le volume du réservoir qui était de 726 Mm<sup>3</sup> à l'origine n'est plus que de l'ordre de 200 Mm<sup>3</sup>, soit une perte de près de 73% de la capacité initiale du barrage. D'après les estimations du Plan National d'Aménagement des bassins versants (1994), la capacité utile du réservoir serait réduite à 0 en 2020, et la retenue entièrement comblée en 2030, 64 ans après sa mise en service. Snoussi et al. (2002) avaient estimé la durée de vie du barrage à 59 ans seulement.

D'après l'Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols (1994), la dégradation spécifique est estimée à environ 240 t/km<sup>2</sup>/an, à partir des apports solides et à 330 t/km<sup>2</sup>/an à partir de l'envasement du barrage. L'importance de l'érosion est directement liée à la nature géologique et à la morphologie des terrains mais aussi à la dégradation rapide du couvert végétal et notamment le recul des nappes alfatières. Les zones d'érosion couvrent environ le 1/5 du bassin. Il semble que c'est plus l'action mécanique que l'intervention biologique qui serait fondamentale pour la protection du bassin versant. La construction de nouveaux barrages en amont contribuerait par ailleurs à freiner l'envasement de la retenue Mohamed V.

#### *Crues exceptionnelles et sécheresses:*

Dans le bassin de la Moulouya, les épisodes pluvieux sont peu nombreux, mais parfois les précipitations d'avril-mai et octobre-novembre peuvent être exceptionnellement fortes et généralisées à l'ensemble du bassin. C'est le cas des crues de mai 1963 (la plus forte), avril 1975 et novembre 1993. Celle de 1963 a atteint 7.200 m<sup>3</sup>/s et provoqué non seulement un changement important de la morphologie de la basse Moulouya et de son embouchure mais aussi des dégâts importants. L'évacuation des crues est effectuée par les ouvrages de décharge des barrages Mohamed V et Mechra Homadi. Toutefois, celle-ci ayant été plafonnée à 6.000 m<sup>3</sup>/s, il s'avère que ces ouvrages ont été sous-dimensionnés, ce qui fragilise la sécurité des barrages. D'après le Plan Directeur, la construction de nouveaux barrages en amont, ou l'accroissement de la capacité d'évacuation des 2 barrages existants de 3.000 m<sup>3</sup>/s (trop coûteux) seraient des solutions potentielles.

D'un autre côté, des sécheresses sévères en intensité et en durée ont marqué l'ensemble du Maroc durant les deux dernières décennies. Dans le bassin de la Moulouya, les séquences sèches, de 2 à 5 ans en moyenne, ont affecté de manière grave l'agriculture, l'élevage, l'alimentation en eau potable et la production hydroélectrique.

#### *Dégradation de la qualité des eaux:*

Le développement des activités urbaines et industrielles, génératrices d'eaux usées et de déchets solides, ainsi que l'utilisation intensive des engrais et des produits phytosanitaires en agriculture dans le bassin de Moulouya ont inévitablement entraîné une dégradation de la qualité des ressources en eau. Le réseau de suivi, installé par la Direction Générale de l'Hydraulique, dans l'ensemble du bassin montre que certaines nappes (Angad, Triffas) ont une salinité et des teneurs en nitrates importantes. La zone d'embouchure a révélé la présence de métaux lourds (notamment Zn et Cd) dans les eaux, les sédiments et les civelles (Rahhou, 1995).

Des efforts en matière de protection des eaux sont donc à faire, afin de limiter les conséquences négatives sur l'environnement et les populations.

### **III- OUTILS ET METHODES POUVANT ETRE UTILISEES POUR L'EVALUATION DES DEBITS ENVIRONNEMENTAUX DE LA BASSE MOULOUYA:**

Le bassin de la Moulouya n'a pas encore fait l'objet d'une étude intégrée permettant de définir les conditions requises pour l'allocation d'un débit environnemental. Néanmoins, un certain nombre d'études hydrologiques, sédimentologiques, morphologiques, environnementales, écologiques et socio-économiques, visant chacune des objectifs spécifiques, ont été menées séparément dans ce bassin. La plus importante, mais néanmoins non actualisée, de ces études est celle qui a permis à la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE) d'établir le Plan Directeur d'Aménagement des Eaux du Bassin de la Moulouya (CSE, 1992). Les principaux résultats de ces travaux sont cités ci dessous:

#### **1- Etablissement de scénarios des besoins en eau et schéma d'aménagement futur:**

Sur la base des projections actuelles de la demande en eau, la DRPE a établi une programmation des ouvrages de mobilisation des eaux à l'horizon 2020, et proposé un schéma d'aménagement afin de faire face à la pression de plus en plus forte sur les ressources en eau déjà limitées du bassin de la Moulouya. Ce schéma s'est fixé comme objectifs principaux:

- la mobilisation maximale des ressources en eau afin de satisfaire la demande en eau potable, industrielle et d'irrigation,
- la protection du barrage Mohamed V contre l'envasement,
- et l'écrêtement de la crue millénaire à 6.000 m<sup>3</sup> /s.

Les scénarios du bilan ressources-besoins considèrent un schéma sans nouveau barrage, et un schéma avec la construction de barrages d'intérêt local et de barrages d'intérêt régional.

Le premier scénario aboutit à un déficit d'environ 200 Mm<sup>3</sup>/an, alors que le scénario avec barrages aboutit à un bilan excédentaire d'environ 30 Mm<sup>3</sup>/an avec un taux d'utilisation de la basse Moulouya de 81%. Toutefois, les prévisions des demandes en eau qui figurent dans le Plan Directeur de la Moulouya (1992) sont quelque peu dépassées. Le rapport de 1997 sur l'étude du secteur de l'eau du Ministère des Travaux Publics a réactualisé les données en intégrant des prévisions plus récentes (Tableau 2).

Il semble donc que malgré la construction des nouveaux barrages projetés, les ressources en eau disponibles en 2020, ne pourraient pas satisfaire complètement la demande en eau. Le déficit obtenu de 176 Mm<sup>3</sup>/an est par ailleurs sous estimé car il ne tient pas compte de la réduction des ressources en eau, estimée au Maroc en 2020 à environ 15%, du fait du réchauffement global. (MATUHE, 2001).

Sur le plan environnemental, l'analyse des impacts induits par la construction des différents barrages, présentée dans le Plan Directeur avance :

- des effets négatifs seulement en ce qui concerne les superficies et les habitations noyées par la mise en eau des barrages. Toutefois, les écosystèmes et les populations à risque en aval des barrages n'ont pas du tout été considérés dans l'étude d'impact ;

- et des conséquences probables positives sur la qualité de l'eau de la Moulouya et de ses affluents, en raison de la prévision d'un soutien aux débits d'étiage qui pourraient diluer les éventuelles pollutions.

Maintenant, avec le statut de SIBE et le diagnostic du projet MedWetCoast, on peut espérer que la zone aval sera incluse à part entière dans les stratégies de gestion des ressources naturelles en général et des ressources en eau en particulier du bassin.

Ressources/Besoins	Volume régularisé dans le système (Mm <sup>3</sup> /an)
Mobilisation des eaux de surface	
Barrages régulateurs existants	480
Barrages projetés d'ici 2020	355
Pompages Moulay Ali	95
Total eaux de surface	930
Exploitation des eaux souterraines	500 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Total Ressources</b>	<b>1430 Mm<sup>3</sup>/an</b>
Demande en eau potable et industrielle	148 Mm <sup>3</sup> /an
Demande en eau d'irrigation	1.458 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Total demandes</b>	<b>1.606 Mm<sup>3</sup>/an</b>
<b>Bilan à l'horizon 2020</b>	<b>- 176 Mm<sup>3</sup>/an</b>

**Tableau 2: Bilan Ressources-Besoins envisagé à l'horizon 2020 dans le bassin de la Moulouya (Ministère des Travaux Publics, 1996)**

## 2- Modèles de gestion proposés pour la Basse Moulouya:

Le barrage Mohamed V a fait l'objet d'une étude de gestion des eaux en temps réel avec élaboration d'outils d'aide à la décision (Tabit, 1993). Ces outils ont été installés à la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Hydraulique.

Deux stratégies ont été considérées: la stratégie "normale" optimisée sur le long terme et la stratégie "sécheresse" optimisée sur une situation de pénurie persistante.

La détermination des allocations à moyen terme basée sur la valeur économique a été faite à partir du modèle de programmation dynamique LORIT, en tenant compte des limitations physiques des réservoirs superficiels et souterrains et des contraintes de qualité de l'eau.

A l'issue des études, deux aides à la décision ont été proposées:

- l'aide à la définition des programmes d'irrigation au 1<sup>er</sup> octobre et au 1<sup>er</sup> mars,
- l'aide à la décision des lâchers des barrages et des pompages au pas de temps mensuel et journalier pour le programme de culture engagé en tenant compte de l'évolution de la situation hydrologique et du stock dans la retenue du barrage Mohamed V.

Cette étude soulève néanmoins la difficulté de mise en place d'un tel système de gestion en raison de la complexité des problèmes et des incertitudes d'organisation, d'économie, de connaissance des ressources en eau souterraines, d'agriculture, de qualité des eaux, d'adhésion des utilisateurs, etc.

Bien qu'il ne considère que les débits qui approvisionnent les barrages à des fins d'exploitation par les usagers et ne fait absolument pas allusion au débit minimum écologique, ce modèle est néanmoins utile pour les prochaines étapes d'évaluation de ces débits dans une vision plus globale, car il présente déjà les consignes de lâchers d'eau en fonction d'un certain nombre de données.

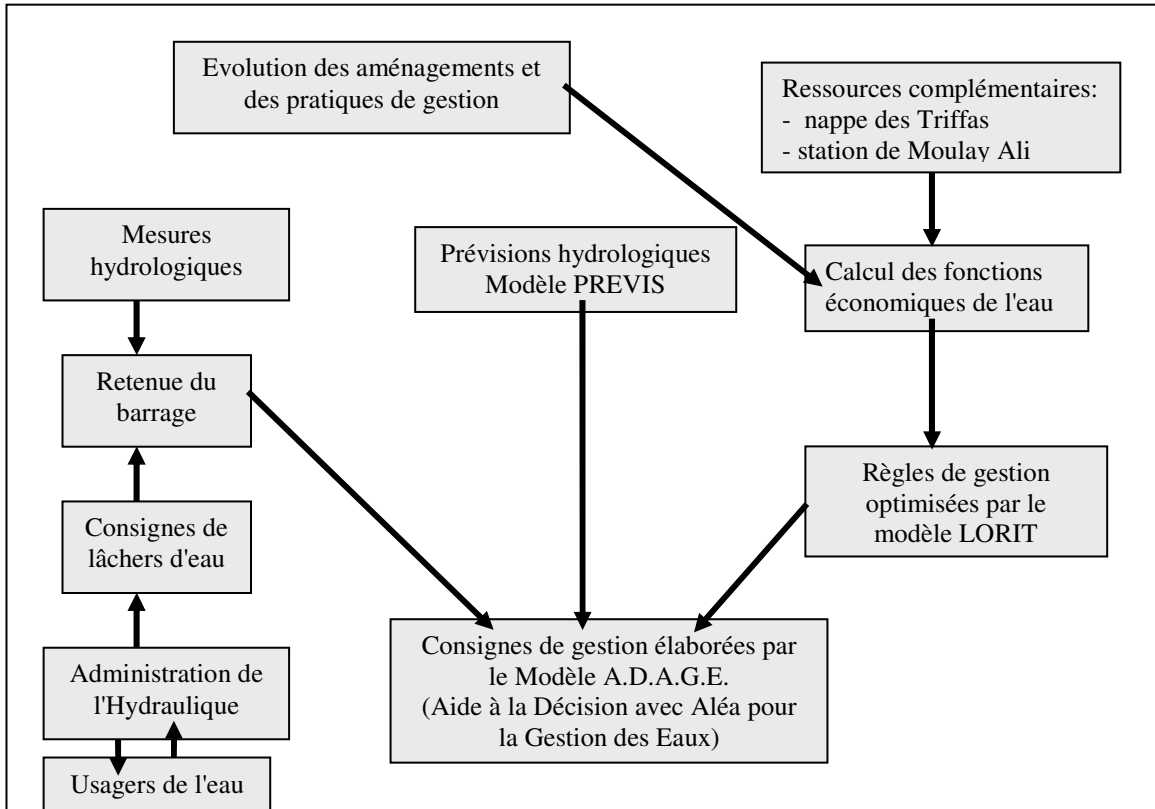


Fig.2: Outils d'aide à la gestion des ressources en eau de la Basse Moulouya (Tabit, 1993)

### 3- Etude de la réduction des apports liquides et solides et son impact sur le cours inférieur de la Moulouya (Snoussi et al. 2002):

Cette étude constitue un autre apport pour une étude globale des débits environnementaux de la Moulouya ; elle contribue en effet à renforcer les connaissances sur les perturbations du continuum amont-aval des débits de la Moulouya suite à la construction des barrages. Elle est basée sur les données des débits liquides et solides disponibles à la Direction Générale de l'Hydraulique.

Stations	Apports liquides (Mm <sup>3</sup> /an)	Apports solides (10 <sup>3</sup> t/an)
Amont des barrages (Station Melg El Ouidane)	941	8.600
Aval des barrages (Station Saf Saf)	317*	500*
Taux de réduction entre l'amont et l'aval des barrages	66%	93%

\* ces valeurs ne tiennent pas compte des lâchers des barrages qui sont très variables et qui dépendent d'un grand nombre de facteurs.

Tableau 3: Apports liquides et solides de la Moulouya en amont et en aval des barrages.

Malgré l'absence de longues séries de données dans certaines stations en aval des barrages, le bilan de la situation actuelle (Tableau 3) montre que les apports liquides de la Moulouya ont subi une réduction de 66% à l'aval des barrages. Si on retranche le volume utilisé pour l'irrigation (25 Mm<sup>3</sup>), on obtient un volume d'eau vers la mer de 292 Mm<sup>3</sup>, soit 31% du volume total de la Moulouya.

En ce qui concerne les apports solides, si on ne tient pas compte des lâchers des barrages, la réduction des apports à l'aval est estimée à 93%, valeur similaire à celle de l'efficacité de piégeage (Trapping



Efficiency) de la retenue estimée par Snoussi et al. (2002) aussi à 93%. Ceci veut dire que seulement 7 % des apports solides de la Moulouya devraient arriver actuellement en mer.

La construction des barrages Mohamed V et Mechra Homadi sur la Moulouya a indéniablement eu de nombreux impacts positifs quant à la mobilisation et l'utilisation des ressources en eau pour améliorer le niveau de vie des populations de la région. Ces barrages à usages multiples (Eau potable et industrielle, irrigation, énergie) ont en plus une fonction d'écrêtement des crues. Toutefois, d'autres impacts négatifs ont été ressentis aussi bien sur le plan environnemental que socio-économique des écosystèmes en aval.

### Impacts environnementaux

#### *- Changement de la morphologie du cours inférieur de la Moulouya*

L'étude de l'évolution historique du cours inférieur de la Moulouya et de la ligne de côte à partir de l'analyse des photos aériennes et des images satellitales (Zourarah, 1995; Boumeaza, 2002; Imassi et Snoussi, 2003) a montré que sur plus d'un demi siècle, le cours inférieur de la Moulouya et son delta ont connu d'importants changements liés principalement à la modification de la quantité des apports d'eau et de sédiments issus du bassin versant. Ces derniers sont à leur tour conditionnés d'une part par les événements climatiques et d'autre part par les aménagements (barrages, canaux, etc.) réalisés dans le bassin versant. En effet, depuis la mise en service des barrages et la réduction drastique des apports, notamment sédimentaires, la morphologie côtière a réagi par de remarquables réajustements qui se sont traduits par des zones d'érosion et des zones de sédimentation. Mais en général, on peut dire que le delta montre un net recul estimé en moyenne à 10m/an et que la Moulouya incise actuellement sa plus basse terrasse qu'elle avait construite avant l'installation des barrages.

#### - Salinisation des eaux:

- Eaux de surface:

A l'amont du barrage Mohamed V, les eaux de la Moulouya et de ses affluents sont généralement de bonne qualité. Les eaux de la retenue Mohamed V ont une salinité de l'ordre de 1g/l. Celle-ci augmente progressivement en aval de Mechra Homadi de 1.7 g/l à 2.6 g/l pour un débit de base qui croît de 4 m<sup>3</sup>/s en aval des gorges à 6 m<sup>3</sup>/s à l'embouchure. Le pompage de Moulay Ali a également eu pour conséquence une augmentation de la salure des eaux de la Basse Moulouya. En 1996, la salinité des eaux superficielles variait entre 1.12 et 3.74 g/l (Benkaddour, 1997).

Il faut ajouter à cela le renforcement de l'intrusion des eaux marines plus en amont suite à la réduction des apports d'eau douce.

- Eaux souterraines:

Indirectement, la construction des barrages, et par suite le développement de l'agriculture en basse Moulouya, a indéniablement détérioré la qualité des eaux souterraines des plaines de Triffa, Zebra, Garet et Bou Areg où la salure des eaux est parfois très élevée. Il semble qu'en 1996, les 3/4 des eaux de la nappe des Triffa étaient considérés comme salés et non convenables pour l'irrigation (Benkaddour, 1997). L'évolution de cette salinisation dépend du régime climatique et de l'exploitation des nappes par des pompes privées. Pour lutter contre cette augmentation de la salinité des nappes et des sols dans les périmètres irrigués, des travaux de drainage ont été entrepris dont l'effet peut être renforcé si l'on rationalise le pompage des eaux souterraines pour l'irrigation.

La pollution des nappes par les engrais et les pesticides n'est pas encore très importante. D'après le Conseil Supérieur de l'Eau (1990) et Benkaddour (1997), seuls 2 à 3% des puits ont des teneurs en nitrates supérieures au seuil de 50 mg/l fixé par les normes européennes.

### Impacts socio-économiques:

L'envasement du barrage Mohamed V a engendré d'importantes pertes à savoir: une perte en production agricole due à l'abandon des terres inondées ou trop salées, une prolétarianisation des petits agriculteurs, une perte d'emploi et une perte en production d'énergie. D'après le Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole (1997), à l'horizon 2030, la perte économique totale en

production agricole (70.000 hectares) serait de 740 millions de dirhams et la perte en énergie électrique pour 300 millions de KWh serait de 210 millions de dirhams. Au total, les pertes économiques dues à l'envasement du barrage Mohamed V sont estimées à 950 millions de dirhams en 2030. L'évaluation économique des coûts d'érosion en aval et en amont du barrage (MAMVA, 1995), a révélé que contrairement aux autres bassins du Maroc, le bassin de la Moulouya montre des pertes en aval du barrage (1.185 millions de dirhams) plus élevées que celles en amont (630 millions de dirhams).

La perte ou baisse des valeurs et fonctions écologiques des zones humides aval, quoique plus difficile à quantifier, a été évaluée dans le cadre du projet MedWetCoast (Khattabi, 2002).

#### **4- Diagnostic pour l'aménagement de la zone humide de l'embouchure de la Moulouya (Projet MedWetCoast):**

Jusqu'à présent la seule étude qui s'est penchée sur l'évaluation de l'état des zones humides en aval des barrages a été réalisée dans le cadre du projet MedWetCoast-Maroc (2003) qui englobe le SIBE de l'embouchure de la Moulouya. Ce projet qui a pour objectif principal la conservation des écosystèmes des zones humides et côtières de la Moulouya, pourrait constituer une initiative intéressante pour un débat global sur les conditions requises pour des débits environnementaux.

L'analyse de l'état actuel de la zone humide côtière de la Moulouya, réalisée par une équipe multidisciplinaire dans le cadre du Projet MedWetCoast (Dakki et al., 2003), a révélé un certain nombre de dysfonctionnements et de menaces qui pèsent sur ce site. Il semble d'après cette étude, que les perturbations hydrologiques seraient les principales causes directes de ces dysfonctionnements. Ce site a en effet subi peu de pertes en habitats mais de grandes modifications au niveau de la nature et de l'étendue relative des habitats, en raison d'une part, de la profonde modification morphologique due à la réduction des apports sédimentaires, et d'autre part de la diminution des apports d'eaux douces vers la nappe. En fait, il est difficile de rattacher tel ou tel dysfonctionnement à une seule cause. On peut néanmoins, résumer ci-après ceux qui paraissent liés directement ou indirectement aux perturbations hydrologiques de la Moulouya:

##### *- Diminution de la fonction hydrologique de la Zone Humide:*

La ZH n'absorbe plus les inondations de la rivière, qui assuraient la recharge de la nappe côtière en eau douce, utilisée pour l'irrigation. Actuellement, suite à la construction des barrages et à la sécheresse, cette fonction n'est assurée que très localement par les quelques dépressions et chenaux qui retiennent les eaux pluviales et de drainage. Cette situation a d'abord facilité la conquête des zones humides au profit de l'agriculture. Mais une autre conséquence, à savoir l'augmentation de la salinité des eaux et des sols, a inversé localement la tendance, et il semble que les terrains de culture sont de plus en plus abandonnés.

##### *- Pertes en biodiversité*

- Parmi les *invertébrés*, les deux espèces *Venus gallina* et *Cardium edule* ont enregistré une forte diminution. Ces espèces ont probablement subi à la fois une forte pollution et des changements d'habitats (sédiments envasés et profondeur plus faible).
- En ce qui concerne les *poissons*, l'analyse rapporte une très forte régression des stocks de poissons migrateurs et estuariens et une prolifération de barbeaux. La Grande Alose en particulier fut pêchée en très grandes quantités, alors qu'elle semble avoir disparu du site. Sa perte serait due à la construction des barrages mais aussi à la pêche excessive en mer lors de la montée des reproducteurs et peut-être aussi à la dégradation de ses frayères du fait de la pollution par les rejets de la sucrerie de Zaïo et des lâchers du barrage Mechra Homadi.
- Les *oiseaux* n'ont probablement pas subi de pertes fatales. Toutefois, la salinisation aurait affecté la végétation haute des marais et par conséquent son avifaune nicheuse.

- Par ailleurs, l'intensification de l'agriculture qui a suivi l'aménagement hydraulique a indirectement contribué à la détérioration de la qualité des eaux souterraines par l'apport de fertilisants et de pesticides, ce qui peut constituer une menace réelle pour la biodiversité.

*Baisse/Pertes des valeurs économiques (Khattabi, 2002):*

La cessation des activités comme la pêche, l'aquaculture et le ramassage des coquillages dans le cours inférieur de la Moulouya, s'est traduite par une perte de revenus qui a engendré une émigration vers l'étranger ou vers d'autres villes du Maroc, ou parfois une reconversion des pêcheurs en agriculteurs ou ouvriers agricoles. Plusieurs agriculteurs ont du par ailleurs changer leur type de culture, en raison de la forte salure des eaux.

Il semble par contre que la tamarigaie, qui est exploitée pour le pâturage et le ramassage du bois, a gagné en extension dans le lit de l'oued en raison de la baisse des écoulements; mais elle serait menacée par l'exploitation des carrières de sable qui détruisent son habitat.

Tous ces résultats peuvent constituer des pièces maîtresses dans l'approche globale de définition des débits environnementaux dans le bassin de la Moulouya et de nécessité ou non d'une allocation supplémentaire à partir des barrages.

#### **IV- LACUNES ET ETUDES COMPLEMENTAIRES REQUISES:**

Si les résultats déjà acquis constituent des éléments de base importants pour l'évaluation des débits environnementaux de la basse Moulouya, d'autres études sont nécessaires pour une approche plus globale et intégrative de tous les composants du système, parmi lesquels on peut citer:

*i) sur le plan scientifique :*

- études hydrologiques (quantité et qualité) plus détaillées et basées sur de longues séries de données de débits continues et précises, notamment en aval des barrages ;
- proposition d'une approche de gestion conjointe des eaux de surface et des eaux souterraines; celle-ci nécessite une modélisation actualisée du fonctionnement en régime transitoire de la nappe des Triffa,
- actualisation et conception de nouveaux modèles hydrologiques,
- étude des seuils de tolérance de la faune et de la flore aux perturbations hydro-sédimentaires ou de dégradation de qualité des eaux ;
- meilleure connaissance du fonctionnement hydrodynamique de la zone d'interface eaux douces-eaux salées ;
- suivi phénologique des habitats, avec étude de la microdistribution spatio-temporelle de la végétation, de la faune aquatique et des oiseaux (recommandé par l'équipe du projet MedWetCoast-Moulouya).

*ii) sur le plan institutionnel et législatif :*

- Nécessité d'un bon fonctionnement des mécanismes de concertation avec tous les usagers, notamment en périodes climatiques extrêmes ;
- nécessité d'une meilleure coordination entre les différentes administrations qui gèrent les ressources en eau dans le bassin de la Moulouya. Il faut espérer que l'Agence du Bassin Hydraulique de la Moulouya, instituée en 2000 jouera ce rôle ;
- nécessité d'une meilleure sensibilisation des décideurs pour une vision plus claire du concept de débit environnemental ;
- nécessité de mettre en place des textes législatifs et des mécanismes qui permettent, sur la base des études déjà acquises, de développer une approche intégrée des débits environnementaux et d'évaluer les mesures pour leur allocation.
-

### **- Propositions:**

Pour améliorer la fonction des débits de la Moulouya sur le plan environnemental en aval des barrages, nous proposons les actions suivantes:

#### **A court terme :**

- limiter les pompages de Moulay Ali qui coûtent d'ailleurs chers, afin de laisser les résurgences en aval des barrages jouer leur rôle écologique,
- contrôler et améliorer la qualité des eaux de retour d'irrigation, en rationalisant le pompage des eaux souterraines pour l'irrigation,
- réhabiliter la qualité des affluents situés en aval des barrages (Charraa et Zegzel), en installant une station d'épuration des eaux domestiques de la ville de Berkane, et en limitant les pompages privés.

#### **A plus long terme :**

- Lutter contre l'envasement des barrages qui continue de faire baisser de plus en plus leur capacité utile, en menant conjointement des actions de reboisement des terrains les plus exposés à l'érosion et des actions de correction mécanique des lits des torrents de montagne. Ces actions diminueraient également l'envasement des canaux d'irrigation et amélioreraient ainsi leur débitance. La construction des nouveaux barrages projetés à l'amont pourraient également contribuer à diminuer les atterrissements de sédiments dans la retenue Mohamed V.
- Remettre en état les différents équipements endommagés après chaque crue par l'apport de grandes quantités de sédiments. L'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de la Moulouya (ORMVAM) mène déjà une grande campagne de réhabilitation des bornes d'irrigation.
- Promouvoir l'économie de l'eau en rationalisant sa distribution et en améliorant l'efficacité de l'irrigation. L'ORMVAM tente d'introduire des techniques plus modernes d'irrigation moins consommatrices d'eau, et sensibilise les agriculteurs à les adopter, moyennant des subventions incitatives.
- Renforcer l'arsenal juridique et réglementaire qui découlent des acquis scientifiques et technologiques actuels et faire respecter les textes législatifs par des moyens d'incitation-dissuasion.
- Mobiliser des ressources supplémentaires par la réutilisation des eaux usées des zones urbaines en aval des barrages, notamment Oujda, Nador et Berkane. Ce qui représenterait un potentiel d'environ 40 Mm<sup>3</sup>/an en 2020.
- En cas d'extrême besoin, transférer l'eau du bassin du Sebou ou des bassins côtiers méditerranéens, en veillant à ce que ces opérations très coûteuses n'introduisent pas de modifications importantes de l'écologie du milieu.

### **V- LEÇONS ET ENSEIGNEMENTS:**

Les principaux enseignements qui ressortent de cette étude peuvent se résumer comme suit:

- Les acquis scientifiques et technologiques actuels constituent des points forts, qui, intégrés dans une vision plus globale sont précieux pour définir un débit environnemental en basse Moulouya et les conditions requises pour son allocation.
- Malgré l'état de pénurie d'eau critique dans le bassin et les pressions futures attendues, le défi majeur à relever est de concilier entre la satisfaction des besoins en eau des populations et le maintien des principales fonctions des zones humides en aval, qui en retour bénéficient aux populations riveraines. Il est donc indispensable d'impliquer ces populations et notamment les agriculteurs, dans toutes les étapes des stratégies de gestion.

- Une analyse coûts/bénéfices de tous les impacts qui affectent la vie des populations riveraines et qui sont parfois responsables de leur exode, pourrait infléchir les décisions vers l'allocation d'un débit environnemental dans le cours inférieur de la Moulouya.
- Il est impératif d'inclure la notion de débit environnemental dans toutes les études d'impact avant la réalisation des barrages programmés d'ici l'an 2020. Pour cela, un renforcement des connaissances scientifiques et techniques est requis.
- En définitive, pour améliorer les fonctions hydrologiques et environnementales de la Moulouya, il y a un besoin évident de développer une gestion conjointe de l'eau et des sédiments en intégrant la gestion de la sécheresse qui est devenue un phénomène structurel dans la région.

## Références:

- Benkaddour R. (1997) : Contribution à l'étude de la salinité et de la pollution par les nitrates des eaux souterraines de la plaine des Triffa (Basse Moulouya). Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle, Univ. Mohamed 1<sup>er</sup>, Oujda. 97p.
- Boumeaza T. (1998) : Morphologie et évolution du delta et du littoral de la basse Moulouya, Maroc nord-oriental : apport des images aéroportées et satellitaires. *Géo Observateur* N° 8, Mars 1998 pp. 65-76.
- Conseil Supérieur de l'eau (1990): Plan Directeur de développement des ressources en eau du bassin de la Moulouya. Rapport de la 5<sup>ème</sup> session, Rabat, 71p.
- Imassi S., & Snoussi M. (2003): Historical shoreline changes at the Moulouya deltaic coast in connection with land use effects. 1<sup>st</sup> Conference on "Stuying land Use Effects in Coastal Zones with Remote Sensing and GIS, Kemer, Turkey, 13-16 August 2003.
- Khattabi A. (2002) : Etude socioéconomique de l'embouchure de la Moulouya . Rapport provisoire, MedWetCoast Maroc, 82p.
- MATUHE (2001): Communication Nationale Initiale à la Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques. COP7, Marrakech.
- Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole (1994): Plan national d'aménagement des bassins versants. Phase II, Volume 2, Rabat.
- Ministère des Travaux Publics (1996) : Etude du Secteur de l'eau. Thèmes 1 et 2, Nedeco-Holinger-CID, Juillet 1997, Rabat.
- Naïmi A. (2002): Ressources en eau dans la région de l'Oriental. Journée d'étude " L'eau et le développement dans la région de l'Oriental", DGH, Oujda, 21 mars 2002. pp.21-28.
- Rahhou I., (1995): Contribution à l'étude écologique et toxicologique des civelles D'*Anguilla anguilla* L. 1758 de la basse Moulouya. DES 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Mohamed 1<sup>er</sup>, Oujda, 168p.
- Secrétariat d'Etat à l'Environnement & Département des Eaux et Forêts et de la Lutte contre la Désertification: (2003): MedWetCoast Maroc: Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc. Rapport final. (Réalisé par Dakki et al.)
- Snoussi M., Haida S. et Imassi S. (2002): Effects of the construction of dams on the Moulouya and the Sebou rivers (Morocco). *Reg. Environ. Change, Vol.3, N° 1-3 Dec. 2002. pp 5-12.*
- Tabit A. (1993) : Gestion des ressources en eau du système hydraulique de la Basse Moulouya. *Revue Eau et Développement* N° 15, Juin 1993, pp. 30-35.
- Zourarah B. (1995) : La zone littorale de la Moulouya (Maroc nord-oriental) : transits sédimentaires, évolution morphologique, géochimie et état de la pollution. DES 3<sup>ème</sup> Cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 197p.