

Impact des lâchers du barrage El-Moustakbal sur l'envasement d'un barrage de prise d'irrigation, Blida, Algérie

**BENINA TOUAIBIA¹, MOHAMED TOUAIBIA²,
BACHIR BENLAOUKLI¹, ABDELAZIZ BESSALEM¹ &
MOHAMED FEWZI SIDI MOUSSA³**

¹ *Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique, BP 31, 09000, Blida, Algérie*
touaibia@yahoo.fr; bbenlaoukli@yahoo.fr

² *Direction Générale, Office des Périmètres d'Irrigation de la Mitidja, 100 Rue de Tripoli, Hussein Dey, Alger, Algérie*

³ *Agence Nationale de Ressources Hydriques. Route Nationale No. 29, Soumâa, Blida, Algérie*

Résumé Conçu initialement pour l'irrigation de la Mitidja Ouest, le barrage El-Moustakbal sur l'Oued Bouroumi, d'une capacité de 188 Mm³, se voit, ces trois dernières années, alimenter en eau potable la capitale "Alger" via les infrastructures d'accompagnement des périmètres irrigation de la Mitidja Ouest. Les lâchers d'eau claire quasi quotidienne de ce barrage transitent par le cours d'eau naturel sur une distance de 13 km et arrivent turbides au barrage de prise de Mouzaïa. Les volumes lâchés varient de 20 000 à 188 000 m³ jour⁻¹ selon leur destinée (Alimentation en eau potable, irrigation) et la période. En 2002, pour répondre à la crise d'eau qu'a connue la capitale, le problème d'envasement du barrage de prise, d'une capacité de 60 000 m³, et de ces ouvrages d'accompagnement s'est posé d'une façon accrue, paralysant le transfert d'eau. Une opération de dévasement s'est lancée en un temps record (deux mois) où 58 000 m³ de vase consolidée ont été enlevés du barrage de prise et de ses infrastructures d'accompagnement pour un coût très excessif. En 2004 (23 mois après cette opération de dévasement), ce barrage de prise se retrouve envasé à 65%, réduisant sa capacité de stockage et paralysant les infrastructures à l'aval. Devant cet état de fait, la quantification de l'apport solide et la connaissance de son évolution temporelle dans le transit Barrage El-Moustakbal—Barrage de prise de Mouzaïa deviennent nécessaire voire obligatoire pour une prise en charge effective de ce phénomène.

Mots clefs transport solide en suspension; barrage de prise; barrage El-Moustakbal

Reservoir siltation caused by change of use of hydraulic works from irrigation only to urban water supply: Oued Bouroumi, Algeria

Abstract Oued Bouroumi (Algeria) is now totally regulated by hydraulic works. Originally conceived to provide water only for irrigation, these works (El-Moustakbal Dam, Mouzaïa irrigation reservoir), have also been used for water supply to Algiers (the Algerian capital city) since the 2002 water supply crisis. These operational changes are now causing a major silting issue in the Mouzaïa irrigation reservoir: its volume has been reduced to 35% in two years, which has necessitated the removal of 45 000 m³ of deposited mud. Our study illustrates the difficulty of integrated water management in dry regions.

Key words El-Moustakbal dam, Algeria; reservoir silting; suspended solids

INTRODUCTION

Le phénomène de l'érosion hydrique des bassins versants et spécialement du réseau d'écoulement pose de graves problèmes en climat semi aride de l'Algérie septent-

riale. Les études de quantification de l'érosion spécifique des bassins versants algériens ont montré que le seuil tolérable annuel de 10 t ha^{-1} a été largement dépassé dans les zones similaires à notre zone d'étude et que dans la plupart des cas c'est le réseau d'écoulement qui en est la cause principale (Touaïbia, 2000) dans les zones productives de sédiment. En effet, le tronçon de l'Oued Bouroumi entre le barrage El-Moustakbal et le barrage de prise de Mouzaïa connaît une érosion intensive du fond du lit et des berges, due essentiellement aux lâchers d'eau claire effectués quotidiennement transitant depuis plusieurs années.

En juin 2002, devant l'urgence de la crise d'eau qu'a connue la capitale, une opération de dévasement s'est lancée, plus de $58\,000 \text{ m}^3$ de sédiments ont été enlevés dont $45\,000 \text{ m}^3$ ne concernent que la cuvette du barrage de prise. Le problème de dépôt des sédiments dans la cuvette du barrage de prise n'a pas cessé, il s'est accru en Avril 2004, sa capacité était amputée de 65% (OPIM, 2004) réduisant le transfert. Dans le souci de répondre aux décideurs pour une prise en charge effective de ce phénomène, une quantification des apports solides est entreprise à partir de la bathymétrie et des enquêtes de terrain.

CADRE DE L'ETUDE

Présentation de la zone d'étude

Situé à 120 km de la capitale, l'Oued Bouroumi au droit du barrage El-Moustakbal draine un bassin versant de 150 km^2 de surface pour un débit moyen de $0.824 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. L'érosion est très forte dans ce bassin versant à dominante sédimentaire et aux pluies intenses, le transport solide spécifique s'établit à $6930 \text{ t km}^{-2} \text{ an}^{-1}$ (Touaïbia, 2003), ce qui le place dans les valeurs les plus fortes à l'échelle mondiale (Milliman *et al.*, 1993). Si le bassin versant de l'Oued Bouroumi au droit du barrage El Moustakbal est considéré comme à "érosion excessive" (Tixeront, 1960), le bassin versant du tronçon du transit entre le réservoir El Moustakbal et le barrage de prise de Mouzaïa ne l'est pas: l'érosion des sols est limitée car il est très boisé et le cours d'eau en dehors des lâchers est à sec durant toute l'année.

Le barrage de prise de Mouzaïa, d'une capacité de $60\,000 \text{ m}^3$, est le premier ouvrage hydraulique à recevoir les lâchers du barrage El-Moustakbal (Fig. 1). Ces derniers passent dans un dalot, ensuite sont véhiculés par un canal à ciel ouvert sur une distance de 7 km avant d'atteindre les prises gravitaires alimentant des conduites en charge jusqu'à la station de traitement des eaux située à une vingtaine de km à l'aval qui refoule l'eau vers la capitale. Selon, les observations faites (OPIM, 2004), les pertes dues au transfert d'eau sont évaluées à 11%.

Pour arriver au barrage de prise, les lâchers du barrage El-Moustakbal parcourent une distance de 13.55 km (Llamas, 1993), en empruntant le cours d'eau naturel, non aménagé et dont le profil d'équilibre n'est pas atteint selon les observations faites sur le terrain. Le bassin versant drainé par ce tronçon est bien boisé excluant l'érosion des sols. La pente moyenne du cours d'eau est 0.83% et le coefficient de sinuosité calculé est de 0.59 (Touaïbia, 2004).

Sur une distance de 2.43 km, entre les altitudes 210 et 170 m, le cours d'eau présente de fortes sinuosités et une pente relativement importante de 1.64% pouvant expliquer les sapements de berges observés très importants.

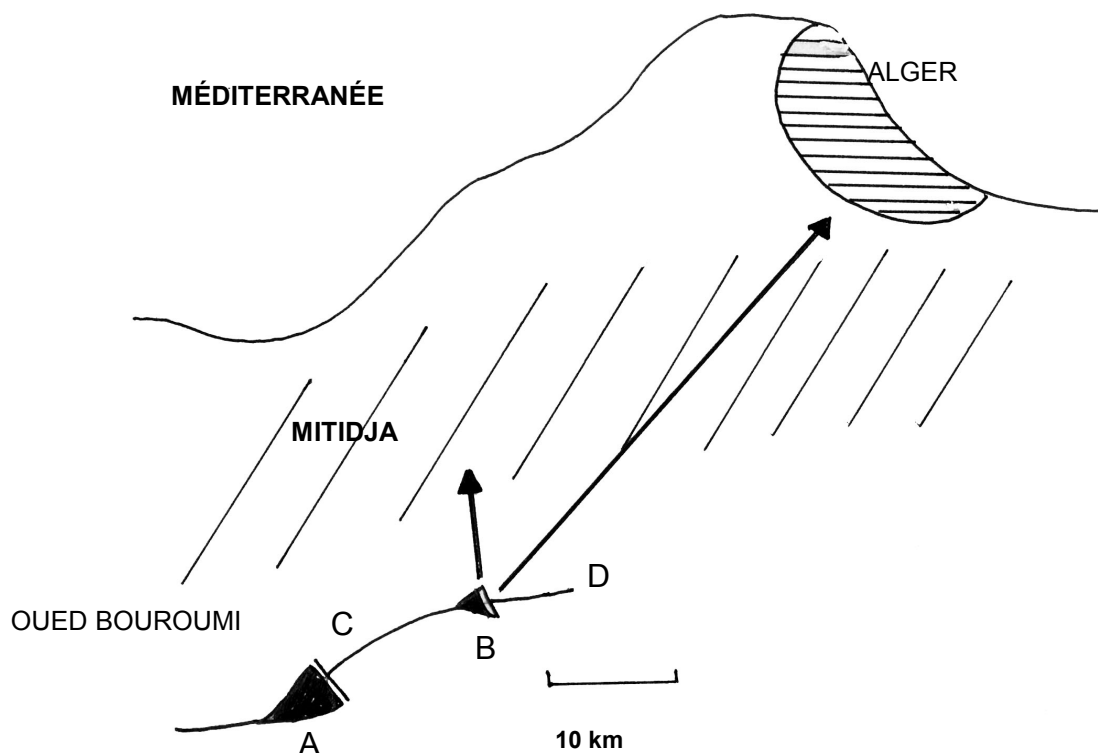


Fig. 1 Schéma de situation des aménagements de l'Oued Bouroumi entre le barrage-réservoir d'El-Moustakbal (A) et le barrage de prise de Mouzaïa (B), originellement conçu pour l'irrigation agricole de la plaine de la Mitidja (C) et utilisé depuis quelques années pour l'A.E.P. de l'agglomération d'Alger (D).

À environ de 2 km à l'amont du barrage de prise, le lit du cours d'eau s'élargit brusquement, atteignant jusqu'à 60 m de large où des atterrissements importants de sédiments sont observés.

Au minimum $20\,000\text{ m}^3\text{ jour}^{-1}$ transite par le barrage de prise. Cette quantité d'eau varie selon les besoins (AEP et Irrigation) et peut atteindre $500\,000\text{ m}^3\text{ jour}^{-1}$ en irrigation intensive.

Selon l'enquête réalisée sur le terrain, les lâchers d'eau du barrage El-Moustakbal sont clairs, ils se chargent en éléments fins dans le cours d'eau naturel de l'Oued Bouroumi, par affouillement des rives et du lit. En arrivant au barrage de prise de Mouzaïa, les eaux décantent et ressortent faiblement chargées.

Au cours de leur passage, les eaux sortant du barrage de prise continuent à déposer les éléments en suspension dans le dalot, le long du canal et à l'entrée des prises et autres infrastructures à l'aval.

Du point de vue géologique (Sidi Moussa, 2004), le tronçon du lit de l'oued entre le barrage El Moustakbal et le barrage de prise est constitué essentiellement de grès et de poudingues du Carténien (Miocène). À l'entrée de la prise, ce sont les argiles feuilletées alternant avec des petits lits de grès quartziteux qui dominent. Aux alentours de la prise, les éboulis de pentes (débris de quartzite de l'Albien) et des alluvions anciennes des vallées actuelles (terrasses caillouteuses et limoneuses) prédominent; la cuvette du barrage de prise est constituée essentiellement de marnes: cette composition lithologique est donc très sensible à l'érosion (Touaïbia, 2000).

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE

Depuis, sa mise en exploitation en 1988, le barrage de prise d'une hauteur de 4 m, connaît ce problème d'envasement qui en fait ne s'est empiré qu'à partir de juin 2002. En effet, avant chaque campagne d'irrigation, il est curé puis mis en eau car jamais la vase n'a atteint le niveau de la crête de la digue. Le problème n'a pris de l'ampleur que lorsque les lâchers du barrage El-Moustakbal sont devenus nécessaires voire obligatoires pour l'alimentation en eau potable de la capitale, c'est-à-dire lorsque celui-ci a été dévié de sa mission principale qu'est l'irrigation, ce qui a entraîné l'étude des transports solides et de l'envasement récurant.

En avril 2004, soit 23 mois après l'opération de dévasement, l'épaisseur de la vase dans la cuvette du barrage de prise a dépassé les 3 m. Ayant la courbe topographique des volumes d'eau dans ce barrage de prise, nous avons estimé le volume des sédiments à $39\,000\text{ m}^3$, représentant une perte en eau de 65% de la capacité de stockage sans parler des différentes chasses effectuées pour le maintenir en exploitation.

Pour mieux visualiser l'impact de l'érosion fluviale sur le barrage de prise, nous avons représenté en Fig. 2, la courbe des volumes d'eau dans la cuvette en fonction de la hauteur de la digue et montré les différents niveaux atteints par la vase en différentes périodes.

En quatre mois (décembre 2003–avril 2004), le volume de vase déposée a ainsi doublé, posant problème aux exploitants de ce barrage.

Devant une telle problématique, la quantification temporelle des sédiments s'impose. L'approche proposée, c'est qu'en absence de données sur la concentration en éléments fins à l'entrée du barrage de prise, nous avons basé notre travail sur la bathymétrie de la cuvette (OPIM, 2002) et sur une enquête faite sur le terrain, appuyé de cartes topographiques et géologique à échelle 1/25 000 et une carte du site à échelle 1/500. Aucune mesure granulométrique n'a été faite, mais compte tenu de l'aspect de la vase *in situ*, celle-ci ne peut provenir que du lit et surtout des rives du cours d'eau (Sidi Moussa, 2004).

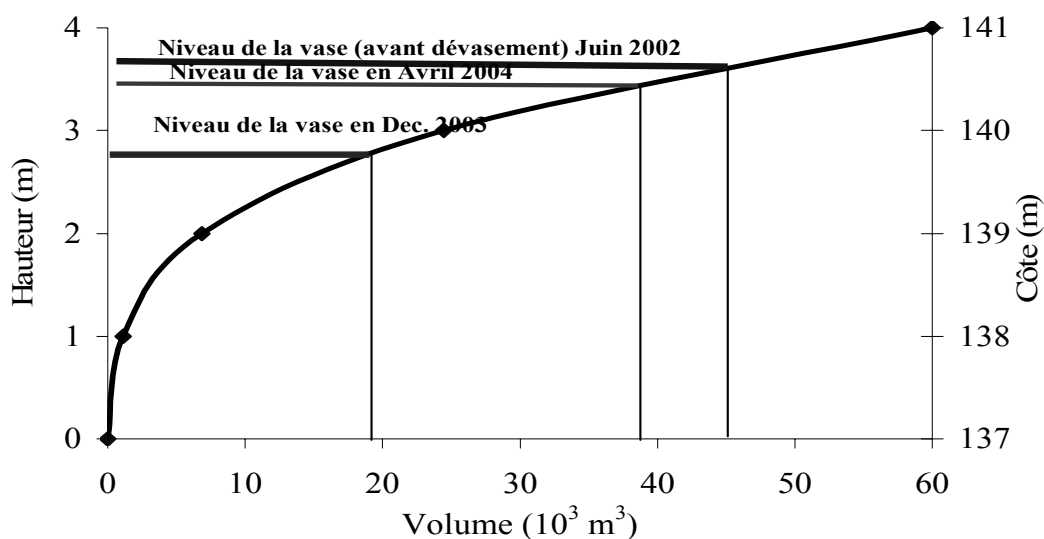


Fig. 2 Courbe topographique volume d'eau–hauteur (barrage de prise).

Si le poids volumique de la vase est supposé égal à 1.5 t m^{-3} (Touaïbia *et al.*, 2003), la quantité de sédiments déposés de juin 2002 à avril 2004 serait de 58 500 t soit un débit solide moyen journalier de $110.4 \text{ t jour}^{-1}$.

Il est à noter que sur cette période, 530 jours de lâchers ont été observés pour un volume total de 54.2 Mm^3 . Les pertes de transit (OPIM, 2004) sont évaluées à 11% réduisant le volume des lâchers de 6 Mm^3 . En terme d'apport liquide entrant dans le barrage de prise, celui-ci serait de 48.3 Mm^3 .

Les lâchers quotidiens sont très variables et ont fluctué sur la période d'étude entre 20 000 (AEP) et $188\,000 \text{ m}^3$ (AEP + irrigation).

Quelques jaugeages effectués sur le cours d'eau par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) ont permis non seulement de confirmer les débits estimés mais aussi de connaître les vitesses du tirant d'eau comme l'exemple des lâchers du 18 novembre 2002 qui, pour un volume de $107\,000 \text{ m}^3$, le débit jaugé et la vitesse correspondante sont respectivement égaux à $1.256 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et 1.42 m s^{-1} . Un autre jaugeage effectué le 24 juillet 2004 (hors période d'étude) à l'amont du barrage de prise a donné un débit de $2.32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et une vitesse mesurée de $1.62 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pour un volume lâché de $188\,000 \text{ m}^3$.

En absence de données sur la concentration en éléments fins, qui sont de l'ordre de 1 g l^{-1} , nous avons basé nos calculs sur une valeur estimée constante de $110.4 \text{ t jour}^{-1}$ pour évaluer la quantité de sédiments déposés en moyenne mensuellement au cours de ces 23 mois. Celle-ci est calculée pour chaque mois, en tenant compte du nombre réel de jour où il y a eu écoulement dans le tronçon donc de lâchers du barrage.

Prenons un exemple: Si nous considérons le mois de décembre 2002, 30 jours de lâchers ont eu lieu, comptabilisant un apport liquide de $2\,178\,000 \text{ m}^3$ correspondant à 3312 t en raison de $110.4 \text{ t jour}^{-1}$. Le mois de janvier 2004, seuls 15 jours de lâchers sont observés, comptabilisant un apport liquide de $806\,000 \text{ m}^3$ soit un apport en sédiment de 1656 t.

Les mois de février 2003 et décembre 2004 n'ont pas connu de lâchers.

Les volumes lâchés du barrage El Moustakbal sont fonction de la demande et sont très variables. Sur la base de cette approche de calcul, nous avons représenté en Fig. 3 l'évolution temporelle des apports liquides mensuels (Al_{mens}) entrant dans le barrage et la quantité de sédiments mensuelle estimée susceptible d'être déposée (As_{mens}) dans la cuvette du barrage de prise.

Une relation fonctionnelle est recherchée entre les apports mensuels liquide et solide. Deux modèles régressifs se sont dégagés, le logarithmique et la puissance (Fig. 4) expliquant respectivement 82 et 78% de la variation totale.

Mais compte tenu des études réalisées sur le transport solide sur quelques bassins versants algériens (Achite, 2000; Ferradji 2001; Touaibia, 2001), le modèle puissance a donné la meilleure performance, ceci se confirme par le calcul des résidus de la régression.

Les concentrations moyennes mensuelles MES calculées varient entre 700 et 2500 mg l^{-1} , pour une moyenne proche de 1000 mg l^{-1} (Fig. 4).

Pour une capacité de la cuvette de $60\,000 \text{ m}^3$, si nous basons nos calculs sur un apport liquide moyen journalier de $91\,000 \text{ m}^3$ d'eau et un débit solide moyen de 110 t jour^{-1} , transitant via le ce barrage de prise, le volume moyen journalier de sédiment serait de 74 m^3 et le barrage de Mouzaïa s'enservirait en 810 jours soit en 27 mois.

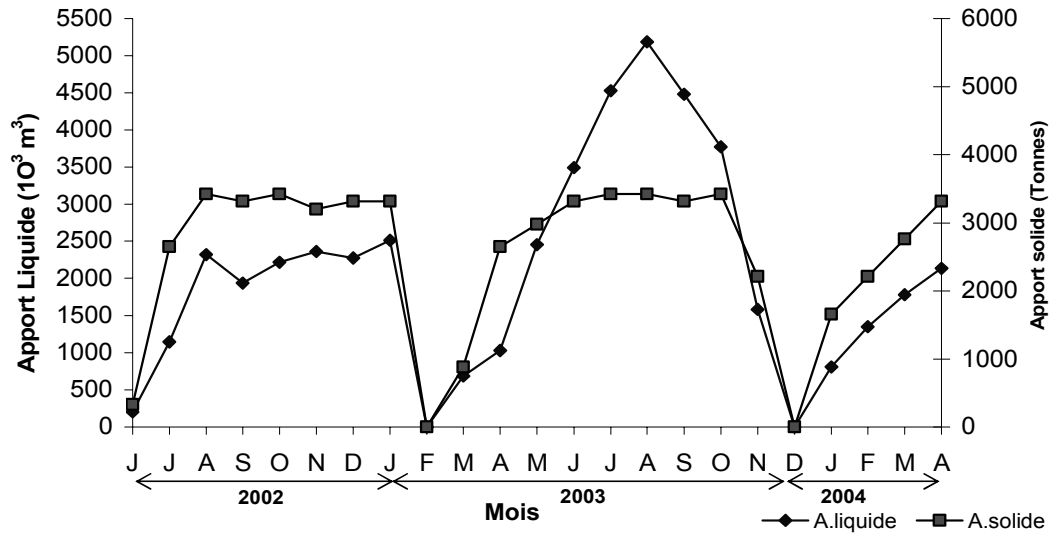


Fig. 3 Evolution temporelle des apports liquides et solide à l'entrée du barrage de prise.

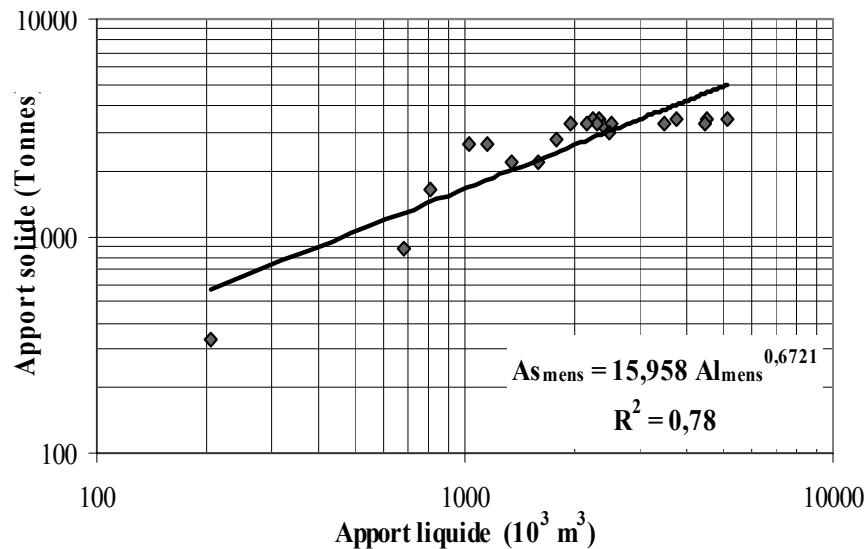


Fig. 4 Modèle "Puissance".

En réalité, ce barrage de prise est conçu pour faire transiter 89 Mm^3 par campagne d'irrigation (six mois dans l'année) soit environ $500\,000 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ pour irriguer environ $15\,000 \text{ ha}$. Dans ce cas, le volume de vase pouvant être déposé journalièrement dans la cuvette du barrage serait de 396 m^3 (264 t) et la durée d'envasement serait de 151 jours (cinq mois) obligeant les gestionnaires du barrage de prise à dévaser ce dernier à la fin de chaque campagne d'irrigation.

D'après la bathymétrie faite en 2002 (OPIM, 2004), plus de 20% du volume de vase consolidé déposée dans la cuvette, ont été enlevés des infrastructures d'accompagnement soit $13\,000 \text{ m}^3$ en terme de volume.

Quelque soit le scénario, la durée d'envasement est importante et nécessite à court terme une prise en charge réelle du problème pour limiter l'érosion du transit et réduire les coûts d'entretien, de curage des canaux et de dévasement de la cuvette (pour

dévaser 73 000 m³ (barrage de prise + infrastructures d'accompagnement), il faut dépenser l'équivalent d'une année de salaire de l'entreprise exploitante).

Pour palier à cette situation, il serait obligatoire de stabiliser le cours d'eau, de renforcer les berges dans les sinuosités et de casser la vitesse du tirant d'eau par des aménagements appropriés.

CONCLUSION

L'envasement des barrages en Algérie suite à l'érosion superficielle ou l'érosion du lit des rivières de Mouzaïa pose énormément de problèmes aux gestionnaires. L'envasement du barrage de prise en est un parmi tant d'autres. La prise en charge de ce phénomène nécessite de la patience et passe obligatoirement par l'aménagement du lit fluvial. Les tronçons de transit doivent être obligatoirement aménagés pour les stabiliser et réduire les affouillements conjoncturels des berges et du fond du lit. La prise en charge de la vase enlevée mérite attention et étude pour ne pas déplacer le problème dans le temps et dans l'espace.

REFERENCES

- Achite, M. & Touaïbia, B. (2000) *Analyse multivariée de la variable "Erosion spécifique" Cas du bassin versant de l'Oued Mina dans la Wilaya de Relizane*. Séminaire International "Hydrologie des régions méditerranéennes", 11, 12 et 13 Octobre 2000. IRD, Montpellier, France.
- Ferradji, I. (2001) *Quantification du transport solide au droit du barrage de Beni-Amrane. W. Boumerdes*. Mémoire de Fin d'étude. Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Blida, Algérie.
- Llamas, J. (1993) *Hydrologie générale. Principes et applications* (deuxième édition). Gaëtan morin, Québec, Canada.
- Milliman, J. M. & Syvitski, J. P. M. (1993) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *J. Geol.* **100**, 525–544.
- OPIM (2002) Dévasement du barrage de prise. Document interne. Office des Périmètres d'irrigation de la Mitidja Ouest. Ministère des Ressources en Eau, Alger, Algérie.
- OPIM (2004) *Programme de lâchers du barrage El Moustakbal*. Ministère des Ressources en Eau, Alger, Algérie.
- Sidi Moussa, M. F. (2004) Géologie de l'Oued Bouroumi. Document interne. Agence Nationale des Ressources en Eau (Région centre), Blida, Algérie.
- Tixeront, J. (1960) *Les débits solides des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie*. Etudes hydrologiques. Série II. Secrétariat agricole, Tunis.
- Touaïbia, B. (2004) *Manuel pratique d'Hydrologie*. Edition Madani Frères, Blida, Algérie.
- Touaïbia, B. (2000) Erosion–Transport solide: Envasement de barrage. Cas du Bassin Versant de la Mina dans la Wilaya de Relizane. Thèse de Doctorat d'Etat. Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger, Algérie.
- Touaïbia, B., Gomer, D., Aïdaoui, A. & Achite, M. (2001) Quantification et variabilité temporelles de l'écoulement solide en zone semi-aride, de l'Algérie du Nord. *Hydrol. Sci. J.* **46**(1), 41–53.
- Touaïbia, B., Benlaoukli, B. & Bouheniche, S. (2003) Approche quantitative de l'envasement au droit de 15 barrages en exploitation dans l'Algérie du Nord. Conférence Internationale: Hydrologie des régions méditerranéennes et semi-arides, Avril 2003. IRD, Montpellier, France (poster).