

**Mesure de l'envasement dans les retenues de sept barrages en Tunisie:  
estimation des transports solides**

A. Ghorbel et J. Claude

**Résumé.** Le contrôle de l'envasement des cuvettes de barrages permet d'une part la surveillance des ouvrages et la décision des mesures de protection à prendre, d'autre part, en intégrant sur une longue période l'accumulation de sédiments, il conduit à une estimation globale des transports solides et des phénomènes d'érosion sur les bassins versants.

Une campagne systématique de mesures a été entreprise en 1975 et 1976 en Tunisie, en utilisant un écho-sondeur à ultra sons permettant un relevé en continu des profondeurs le long de profils préalablement repérés.

Le cubage des sédiments déposés conduit à l'estimation des transports solides totaux ayant pénétré dans les retenues et de l'érosion spécifique des sept bassins versants contrôlés.

Les résultats sont très variables d'un barrage à l'autre mais ils mettent en évidence l'ampleur des phénomènes d'érosion et de transports solides qui peuvent atteindre des valeurs considérables, ce qui nous a amenés à faire quelques commentaires sur la représentativité des mesures.

**The extent of silting in the basins behind seven dams in Tunisia and the estimation of sediment transport**

**Abstract.** Inspection of basins behind dams for silting allows, on the one hand, evaluation of the effectiveness of counter measures and, on the other, because of the deposition of sediments over a long period it leads to estimates of the total sediment transport and erosion from experimental basins.

A systematic programme for the measurement of these factors was carried out in Tunisia in 1975 and 1976 using a high resolution echo sounder to measure the depths along previously surveyed profiles.

The volume of sediment laid down leads to an estimation of the total solid transport reaching the basins and the specific erosion in the seven experimental basins.

The results vary from one basin to another, but they provide ample evidence that erosion and sediment transport reach considerable proportions, and they lead to several comments on the representativity of the measurements.

**INTRODUCTION**

Le problème des transports solides véhiculés par les cours d'eau en Tunisie s'est toujours posé de façon aiguë. Chacun saisit l'importance que peuvent prendre, au cours des crues parfois catastrophiques, les phénomènes d'érosion des sols, d'effondrement des berges, d'élargissement ou de déplacement des lits des oueds, de dépôts de sédiments et d'envasement dans les plaines; quantitativement la mesure de ces phénomènes est loin d'être satisfaisante; nous n'insisterons pas sur les difficultés de mise en oeuvre des méthodes classiques de prélèvements d'échantillons, d'analyse et d'interprétation des résultats, ni sur la diversité et la variabilité des paramètres qui influencent ces phénomènes.

Le contrôle de l'envasement des retenues de barrage peut fournir une réponse globale, intégrant l'ensemble des phénomènes de transport solide y compris le charriage pour lequel il n'y a pas de méthode satisfaisante de mesure directe.

Un barrage constitue un piège à sédiments à l'échelle du bassin versant contrôlé; si l'on contrôle les débits et volumes d'eau transitant dans le barrage ainsi que la turbidité



des volumes déversés on obtient une valeur moyenne des transports solides pour l'ensemble du bassin versant et pour la période de temps allant de la mise en eau du barrage à la date des mesures d'envasement.

En dehors de cette évaluation des transports solides, la mesure de l'envasement des barrages présente un intérêt certain pour l'exploitation de ceux-ci et permet d'ajuster les courbes de remplissage des retenues rendues caduques par des dépôts importants.

Nous avons entrepris en Tunisie, une campagne systématique de relevés des principaux barrages (Fig.1); cette campagne s'est déroulée aux printemps 1975 et 1976.

Les caractéristiques des ouvrages et les détails du déroulement des mesures sont donnés dans le Tableau 1.

## METHODE DE MESURE UTILISEE

Le principe de la méthode est le relevé des fonds le long de profils préalablement repérés.

### Matériel utilisé

Le matériel utilisé comprend:

- (1) un canot pneumatique gonflable 'Zodiac Mark II';
- (2) un moteur hors bord de 20 CV;
- (3) un écho-sondeur à ultra-sons SIMRAD 160; cet appareil se compose: (a) d'un nez de sonde monté sur un saumon métallique et suspendu dans l'eau sur le côté du canot par un porte à faux, (b) d'un enregistreur sur papier thermo-sensible, la bande de mesure est de 40 m de profondeur, que l'on peut décaler par pas de 10 m pour atteindre 200 m. La largeur du papier est de 5 pouces soit 12.7 cm, on peut facilement apprécier le demi-millimètre, la précision sur les profondeurs est donc de 20 cm environ. La vitesse de défilement du papier est de 1/2 pouce/min ce qui correspond à 1 mm pour 5 m, pour une vitesse du canot de 1 m/s. L'alimentation électrique se fait à partir d'une batterie 12 V. 40 AH.

### Mise en oeuvre de la méthode

#### *Opérations préliminaires*

Il importe avant tout de bien positionner et repérer les profils que l'on entend relever. Pour cela on se sert de tous les documents cartographiques disponibles. On dispose généralement des plans des cuvettes de barrages avant la mise en eau (à différentes échelles allant de 1/2000 à 1/25 000). Après une reconnaissance du terrain, il est possible de tracer sur la carte, pour la cote correspondant à la retenue maximale, des profils caractéristiques et facilement repérables.

Une fois repérés, les profils doivent être balisés sur le terrain, de façon à ce que les repères soient visibles depuis le bateau, quelque soit la cote du plan d'eau.

#### *Réalisation des mesures*

- (1) On se place au départ d'un profil, dans l'alignement de 2 jalons.
- (2) On descend le saumon supportant le nez de sonde juste sous la surface de l'eau (40 cm).
- (3) On met en marche l'enregistreur, en notant directement sur la bande les références du profil et la date.
- (4) On dirige le bateau à vitesse réduite et constante vers le jalon opposé.
- (5) Arrivé au bout du profil, on arrête l'enregistrement, on note la fin du profil sur la bande.

TABLEAU 1

Nom du barrage	Superficie du bassin versant [km <sup>2</sup> ]	Cote de retenue maxim. [m NGT]	Volume maxim. stocké [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Date de mise en eau et début des observations	Date des mesures d'envasement	Cote du plan d'eau à cette date [m NGT]	Volume d'eau à cette date [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]
Mellègue Nebeur	10 000	265.0	268	avril 1954	24/29/11/74 27/29/5/75	245.55 258.0	72.0 176.8
Nebaana	855	230.0	86.4	1965, 1967-68	27/28/4/75	227.75	75.57
Bezirk	73 (84)*	54.6	6.46	dec. 1960	12/13/5/75	54.6	6.46
Chiba	64	77.86	7.86	1963-65, nov. 1967	8/5/75	77.77	7.70
Masri	40 (53) †	163.0	6.82	fév. 1968	6/5/75	162.92	6.78
Lakhmess	131	517.0	8.00	avril 1966	4/6/6/75	516.90	7.90
Kasseb	101	292.0	81.9	fév. 1969	9/7/76	287.73	64.5

\* Dérivation de l'Oued Defla (11 km<sup>2</sup>) dans la retenue de l'Oued Bezirk en 1964.

† Mise en service du barrage Tahouna (13 km<sup>2</sup>) dont les eaux sont envoyées par conduite dans la retenue du barrage Masri en mars 1971.

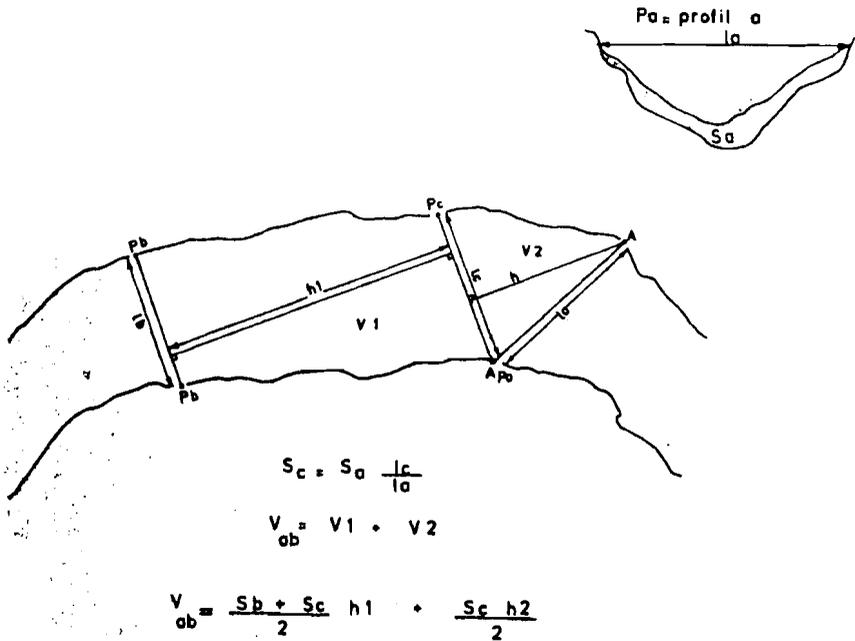


FIGURE 2. Calcul du volume de sédiments par la méthode de Kolmogorov.

DEPOUILLEMENT DES MESURES

(1) Pour chaque profil, on établit d'abord la section en travers d'origine, c'est-à-dire avant la mise en eau jusqu'à la cote maximum d'après les plans disponibles où l'équidistance des courbes de niveau est de 1 m ou 2 m.

(2) En fonction de la cote du plan d'eau au moment des mesures, on détermine la longueur du profil sur carte, ce qui permet sur la bande d'enregistrement de transformer l'échelle des temps en échelle de distances.

(3) On relève les profondeurs enregistrées sur la bande, on reporte sur le profil d'origine le nouveau profil envasé.

(4) Les sections des profils obtenus, profil d'origine et profil envasé, sont ensuite planimétrées pour la cote à laquelle les mesures ont été faites. La différence entre les deux donne la surface envasée du profil.

CALCUL DES VOLUMES DE SEDIMENTS

A partir des surfaces envasées par profil plusieurs méthodes sont possibles pour calculer les volumes déposés dans la retenue.

Rappel de quelques méthodes (voir Figs.2 à 5) (SCET, Tunisie, 1960)

Méthode de Kolmogorov

Le volume compris entre les profils non parallèles  $P_a$  et  $P_b$ , le terrain naturel et la cote du plan d'eau est partagé en deux parties par un profil auxiliaire virtuel  $P_c$  mené à partir du point A et parallèle au profil  $P_b$  (Fig.2). On calcule séparément les volumes  $P_a P_c$  et  $P_c P_b$ , le volume total est la somme des deux.

Pour cela on calcule tout d'abord les surfaces des sections  $S_a$  et  $S_b$  par planimétrie simple. Pour déterminer  $S_c$  on suppose qu'il y a une proportionnalité entre surfaces et largeurs c'est-à-dire

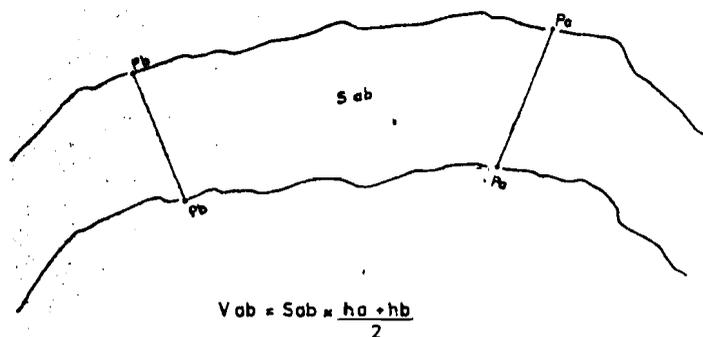


FIGURE 3. Calcul du volume de sédiments par la méthode de la hauteur moyenne.

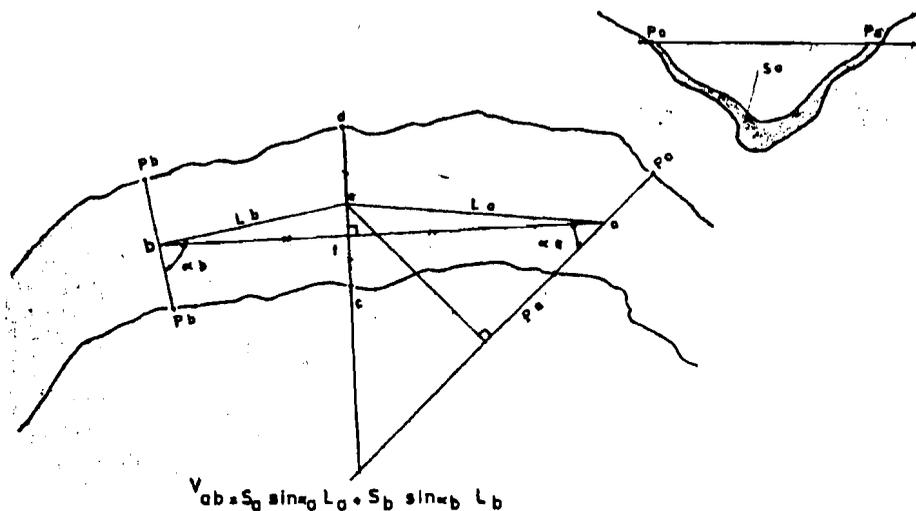


FIGURE 4. Calcul du volume de sédiments par la méthode générale.

$$S_c = S_a \frac{l_c}{l_a}$$

Le volume total est alors donné par la formule

$$V = V_1 + V_2 = \frac{S_b + S_c}{2} h_1 + \frac{S_c h_2}{2}$$

avec

$h_1$  = longueur de la perpendiculaire commune aux 2 plans parallèles  $P_a$  et  $P_c$ ;  
 $h_2$  = longueur de la normale abaissée du point A au profil virtuel  $P_c$ .

**Méthode de la hauteur moyenne**

On assimile chacun des profils  $P_a, P_b \dots$  du surface  $S_a, S_b \dots$  à un rectangle de longueur  $l_a, l_b$  et de hauteur moyenne  $h_a, h_b$ .

La longueur  $l_a$  ( $l_b$ ) étant la longueur du profil  $P_a$  à la côte de mesure.  $S_a, S_b$  représentant les superficies d'envasement dans les profils  $P_a, P_b \dots$ . Par planimétrage on déter-

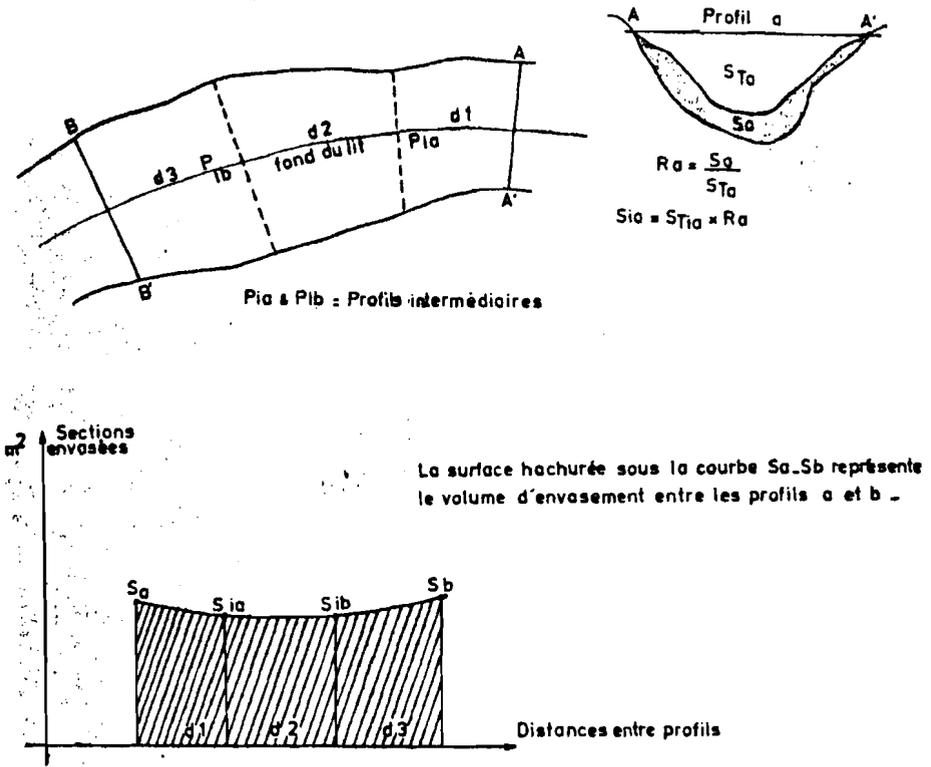


FIGURE 5. Calcul du volume de sédiments par la méthode dérivée de la méthode générale.

mine ensuite la surface d'eau entre les deux profils  $P_a$  et  $P_b$  (à la cote de mesure) soit  $S_{ab}$ .

Le volume des apports entre les deux profils est alors donné par:

$$V = S_{ab} \frac{h_a + h_b}{2}$$

**Méthode générale**

On détermine les surfaces envasées  $S_a$  et  $S_b$  des deux profils  $P_a$  et  $P_b$ , puis on calcule la distance entre ces deux profils (Fig.4). Pour cela:

- on trace une droite  $ab$  entre les milieux de  $P_a$  et  $P_b$ ,
- on trace la droite  $cd$  perpendiculaire au segment  $ab$  en son milieu,
- les distances entre le milieu du segment  $cd$  et les points  $a$  et  $b$  donnent les longueurs  $L_a$  et  $L_b$ .

Pour déterminer le volume total on tient également compte de l'inclinaison des sections  $P_a$  et  $P_b$  par rapport aux droites  $ea$  et  $eb$ .

Le volume total  $V_{ab}$  sera alors:

$$V_{ab} = S_a \sin \alpha_a L_a + S_b \sin \alpha_b L_b$$

**Méthode dérivée de la méthode générale**

C'est une simplification de la méthode générale qui tient compte de particularités de la retenue en utilisant des profils intermédiaires.

Pour chaque profil mesuré on calcule le rapport d'envasement

$$R = \frac{\text{section envasée}}{\text{section totale d'origine}}$$

Entre les profils mesurés, on trace des profils intermédiaires auxquels est affecté le rapport d'envasement du profil le plus proche.

On trace ensuite un profil en long de la retenue, qui passe par les points les plus bas de chaque profil transversal; tous les profils sont positionnés sur le profil en long.

On trace alors un graphique comportant en abscisse les distances entre sections relevées sur le profil en long, en ordonnées les surfaces d'envasement mesurées ou calculées.

Le planimétrage de l'aire comprise entre la ligne brisée joignant les points représentatifs de chaque section et l'axe des abscisses donne le volume d'envasement.

Cette méthode est surtout applicable aux retenues longiformes.

## RESULTATS DES MESURES D'ENVASEMENT

Comme le montre le Tableau 1, les mesures d'envasement ont été faites à une époque où les plans d'eau étaient proches du maximum, sauf pour le barrage Mellègue, on peut donc estimer avoir mesuré la totalité de l'envasement; pour le barrage Mellègue, à l'amont du dernier profil mesuré nous avons estimé l'envasement en reportant la hauteur des dépôts visibles sur les berges, au-dessus du plan d'eau et en déduisant la largeur du lit mineur creusé dans ces dépôts récents; le volume ainsi estimé ne représente que 3 pour cent de l'envasement total.

Les résultats du cubage des sédiments déposés dans les retenues des sept barrages sont regroupés dans le Tableau 2.

Chaque barrage constitue avec son bassin versant une entité particulière et les comparaisons des taux de sédimentation d'un barrage à l'autre devront tenir compte de nombreux facteurs: morphologie, géologie et pédologie du bassin versant, couvert végétal, irrégularité plus ou moins marquée du régime hydrologique, mode d'exploitation des eaux retenues, etc. . . .

Néanmoins, le Tableau 2 fait apparaître:

(1) *L'influence de la taille du bassin versant*: les plus petits bassins versants produisent proportionnellement le plus de dépôts, en effet sur de courtes distances, les matériaux érodés peuvent être entraînés et déposés dans la retenue au cours d'un même épisode de crue, alors que pour un grand bassin versant il peut exister des zones d'épandage intermédiaires et les sédiments peuvent être repris plusieurs fois avant d'aboutir dans la retenue (cas du barrage de l'Oued Mellègue).

(2) *L'influence de la pente*: l'Oued Masri est formé de deux branches confluent dans la retenue du barrage, la pente moyenne des lits de ces deux oueds est de 7 pour cent pour l'un et de 4 pour cent pour l'autre; le barrage de l'Oued Masri reçoit le plus de sédiments eu égard à sa taille.

(3) *L'influence du couvert végétal et de la nature des sols*: l'Oued Bezirk et l'Oued Chiba sont géographiquement voisins, mais très différents sous ces deux aspects; le barrage de l'Oued Chiba a connu un envasement plus grave que celui de l'Oued Bezirk.

(4) *L'influence du mode d'exploitation*: au barrage du Mellègue l'ouverture judicieuse des vannes de chasse a permis d'éviter le dépôt de plus de 50 pour cent des matières solides entrant dans la retenue, moyennant une perte sensible du volume stocké mais sans gravité puisque ce barrage est destiné essentiellement à amortir les crues. Par contre, pour les petits barrages dont les eaux sont utilisées pour l'irrigation,

TABLEAU 2

Nom du barrage	Surface du bassin versant [km <sup>2</sup> ]	Volume total de la retenue [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Durée de fonctionnement [ans]	Volume des sédiments [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Taux d'envasement [%]	Rythme annuel de comblement [%]
Mellègue	10 300	268	21.33	47.6	17.8	0.83
Nebaana	855	86.4	10	12.9	14.9	1.5
Bezirk	73-84	6.46	14.75	1.68	26.0	1.76
Chiba	64	7.86	12	2.65	33.7	2.81
Masri	40	6.82	7.5	1.32	19.3	2.58
Kasseb	101	81.9	7.5	3.0	3.6	0.5
Lakhmess	131	8.00	9.33	2.01	25.1	2.69

ces opérations de vidange sont très peu pratiquées car la perte d'eau est trop importante pour la taille de la retenue; aussi la presque totalité des matériaux est-elle arrêtée et déposée dans la retenue. On remarquera aussi que les rythmes de comblement progressif des retenues atteignent des valeurs inquiétantes pour certains ouvrages dont la durée de vie sera limitée à moins de 40 ans si l'évolution actuelle se poursuit (c'est le cas des barrages Chiba, Masri et Lakhmess).

## EVALUATION DES TRANSPORTS SOLIDES

Ces mesures d'envasement des retenues de barrage présentent un intérêt certain pour le gestionnaire d'eau et l'aménageur; pour l'hydrologue, elles doivent permettre une évaluation globale des phénomènes d'érosion et de transports sur un bassin versant.

Pour cela il faut disposer de données précises sur la gestion des ouvrages: volumes d'eau entrants et sortants, volumes déversés, turbidité des lâchures . . . et savoir comment transformer des tonnes de matériaux transportés par les cours d'eau en mètres cubes de sédiments dans les retenues et inversement.

### Les densités

Ce problème des densités est primordial et souvent résolu de façon peu claire.

Les sédiments dans les retenues se présentent sous forme de vases plus ou moins consolidées dont les caractères physiques peuvent varier dans de larges proportions.

Si l'on appelle  $d_a$  la densité apparente d'un volume  $V$  de vase contenant un volume  $V_s$  de matières solides dont la densité réelle est  $d_r$ , et un volume  $V_e$  d'eau de densité  $\rho = 1$  nous écrivons

$$V \times d_a = V_s \times d_r + V_e \times \rho$$

si nous prenons  $V = 1$  et que nous appelons  $p_s$  le poids de matières solides contenu dans le volume unité de vase nous avons:

$$d_a = p_s + \left(1 - \frac{p_s}{d_r}\right)$$

soit

$$p_s = \frac{d_r(d_a - 1)}{d_r - 1}$$

Si la densité  $d_r$  des argiles et limons constituant les vases varie assez peu (entre 2, 3 et 2.5 en général) la densité apparente  $d_a$  peut varier énormément et elle est très difficile à mesurer dans les conditions normales. Nous avons pu, grâce à un plongeur autonome, examiner l'aspect des sédiments au fond de la retenue du Mellègue et à l'aide de petits carottiers simplifiés prélever des échantillons de vase sur 30 cm de profondeur. Les densités apparentes mesurées varient de 1.25 à 1.7 suivant l'état de consolidation des boues. Si l'on considère que les dépôts se sont consolidés pendant plusieurs années il nous a paru réaliste de prendre pour valeur moyenne  $d_a = 1.7$  puisqu'en profondeur les vases sont au moins aussi consolidées que les plus denses rencontrées en surface. Les densités réelles mesurées varient de 2.20 à 2.64 la moyenne étant 2.42; ces chiffres permettent de calculer une valeur de  $p_s = 1.2$ . C'est-à-dire qu'un mètre cube de vase consolidée de densité apparente  $d_a = 1.7$  contient 1.2 tonne de matières solides. C'est avec cette valeur moyenne calculée pour le barrage Mellègue, que nous avons mené tous nos calculs.

### Exploitation des barrages

Il nous a été difficile de reconstituer les termes des bilans d'exploitation des sept barrages depuis leur mise en eau.

Les raisons en sont nombreuses mais sont dues essentiellement à la difficulté d'obtenir des observateurs des relevés réguliers et précis en particulier au moment des fortes crues où les barrages déversent ou procèdent à des lâchures de sécurité; or ce sont précisément ces crues qui apportent le maximum de transports solides.

Nous avons dû nous livrer à des estimations dans certains cas ce qui détériore la précision des chiffres qui suivent. Nous pouvons indiquer que:

(1) Le barrage de l'Oued Mellègue a été le mieux suivi dans sa gestion; les débits soutirés et déversés sont contrôlés ainsi que la turbidité des eaux; de plus une station hydrométrique située au K 13 à l'amont de la retenue permet de contrôler les apports de 9000 km<sup>2</sup> de bassin versant.

(2) Le barrage de l'Oued Bezirk a fait l'objet d'une étude détaillée; les chiffres concernant les apports liquides sont d'une bonne précision (Bureau Coyne et Bellier, 1975).

(3) Le bilan hydraulique du barrage Kasseb est assez complet néanmoins les mesures de sédiments n'ont pas été effectuées lors des lâchures ou des déversements.

(4) Les valeurs des apports liquides et des volumes dévasés et soutirés pour les barrages Nebaana, du Chiba, du Masri, et du Lakhmess sont très sujettes à caution; en particulier les énormes volumes d'eau déversés lors des crues de l'automne 1969 et mars 1973 n'ont pu qu'être estimés.

Il nous a paru toutefois intéressant d'utiliser ces chiffres pour calculer les apports solides des bassins versants alimentant ces barrages et en déduire une quantification de l'érosion. C'est ce que résume le Tableau 3.

### COMMENTAIRES

Il ne faut pas attendre une précision remarquable des chiffres donnés dans le Tableau 3.

(1) On peut estimer à 10 pour cent la précision relative sur les mesures d'envasement et le cubage de sédiments.

(2) Le contrôle des apports liquides et des volumes soutirés ou déversés est d'une précision variable selon la rigueur des observations faites, elle est probablement meilleure que 5 pour cent dans le cas des barrages de l'Oued Mellègue et de l'Oued Kasseb, mais pour les autres barrages l'erreur relative probable est supérieur à 10 pour cent.

L'évaluation des apports solides totaux peut donc être faite avec une erreur relative de 20 à 25 pour cent ce qui est déjà une performance dans ce domaine où peu de mesures directes sont disponibles.

Nous ferons quelques commentaires sur ces valeurs.

(a) Nous avons calculé l'érosion spécifique par bassin en tonnes par km<sup>2</sup> et par an, de préférence aux m<sup>3</sup> km<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup> ou à une lame d'abrasion en mm sur l'ensemble de la surface.

En effet, le matériau originel des solides transportés est constitué par un horizon plus ou moins profond de sol en place dont les caractères physiques sont bien différents des vases déposées dans les retenues ou des matières en suspension; un mètre cube de sol arraché à la surface du bassin versant ne produira pas un mètre cube de sédiments. De même une lame érodée sur l'ensemble du bassin n'a pas une signification physique claire, surtout si le bassin versant est important; certaines parties du bassin peuvent être des zones d'épandage où seront stockés des sédiments qui seront repris par d'autres crues, des effondrements de berges, des creusements de lits peuvent aussi fournir des

TABLEAU 3

Nom du barrage	Volume de sédiments déposés [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Apports liquides totaux [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Apports moyens annuels [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Apports solides totaux [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Apports solides moyens annuels [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Tonnage moyen annuel [10 <sup>6</sup> t/an]	Erosion spécifique [t km <sup>-2</sup> an <sup>-1</sup> ]	Charge moyenne des apports liquides [g/l. ou kg/m <sup>3</sup> ]
Mellègue	47.6	4010	188	126.7	5.94	7.13	695	38
Nebaana	12.9	414.4	41.4	16.4	1.64	1.97	2300	47.5
Bezirk	1.68	63.65	4.32	2.42	0.164	0.197	2430	45.6
Chiba	2.65	44.65	3.72	2.70	0.225	0.270	4220	72.5
Masri	1.32	21.47	2.86	1.52	0.202	0.242	6050	85
Lakhmess	2.01	65.99	4.15	2.92	0.313	0.375	2865	53
Kasseb	3.0	445.4	59.4	3.2	0.427	0.512	5070	86

quantités énormes de matériaux en des points très localisés du bassin versant.

(b) Pour l'ensemble des barrages, les transports solides atteignent des valeurs impressionnantes, toujours supérieures aux estimations qui en avaient été faites avant la construction des ouvrages (Tixeront, 1960). Comme nous l'avons déjà dit, les plus petits bassins versants produisent en proportion le maximum de transports solides sans pour autant qu'une corrélation surface de bassin versant-érosion spécifique se dégage nettement. Les petits ouvrages, dont la capacité est 1.5 à 2 fois le module annuel, sont les plus vulnérables aux risques de comblement total à brève échéance.

C'est sûrement sur ces petits barrages que la précision des mesures est la moins bonne, mais quoiqu'il en soit l'ordre de grandeur des chiffres avancés ici ne peut guère être modifié.

(c) Nous avons calculé une charge moyenne des eaux entrant dans les barrages depuis leur création. Ces chiffres sont très élevés eux aussi et dépassent largement les concentrations de matières en suspensions habituellement mesurées dans les prélèvements d'eau faits en rivières. Nous y voyons plusieurs raisons:

(i) la quasi totalité des apports liquides aux barrages est due aux crues (80 pour cent pour le Mellègue, 98 pour cent pour le Masri) au cours d'épisodes où les phénomènes d'érosion et de transports solides atteignent leur maximum et pour lesquels nous disposons de peu de prélèvements d'eau.

(ii) les prélèvements d'eau en rivière, faits généralement avec une bouteille sur le bord de l'eau représentent très mal le transport solide dans toute une section et sous-estiment fortement les concentrations de matières en suspension ou en saltation dont la granulométrie est plus grossière.

(iii) le charriage ou transport de fond n'est presque jamais pris en compte il est pourtant intégré dans le cubage des sédiments. Nous avons pu l'estimer dans le cas du barrage Mellègue qui est le seul où nous disposions d'une station de contrôle à l'amont et où les matières en suspension représentent  $112 \times 10^6$  tonnes sur les  $152 \times 10^6$  tonnes entrées dans la retenue, en tenant compte du bassin versant intermédiaire, la différence attribuée au charriage et transport de fond représenterait 23 pour cent du total. Plus le régime de l'Oued est torrentiel, plus ce pourcentage doit augmenter.

(d) Il convient enfin de mentionner que tous les barrages étudiés ici ont connu, depuis leur création, un ou plusieurs des épisodes pluvieux exceptionnels qu'a subi la Tunisie ces dernières années, (septembre-octobre 1969, mars 1973, décembre 1973).

Il est certain que les apports liquides et solides dus à ces épisodes sont énormes et qu'ils contribuent à augmenter fortement les valeurs moyennes calculées sur des périodes de fonctionnement excédant rarement 10 ans, sûrement bien inférieures aux probabilités d'occurrence de ces épisodes.

## CONCLUSION

La mesure de l'envasement de sept des principaux barrages de Tunisie, par la méthode de relevés de profils à l'écho-sondeur a permis d'une part de tester et de mettre au point cette méthode qui est encore loin d'être parfaite mais a le mérite d'être rapide et sûre et d'être répétitive, d'autre part de faire une mise au point sur le degré d'envasement des barrages pour lesquels des mesures directes faisaient jusqu'à présent défaut (excepté le barrage de l'Oued Mellègue).

Les résultats de ces mesures ont abouti à mettre en évidence l'importance des phénomènes d'érosion auxquels sont soumises de nombreuses régions de Tunisie et la capacité énorme de transport des oueds. Il reste cependant encore beaucoup à faire pour approfondir nos connaissances sur la chaîne des phénomènes érosion - transport

dans les oueds — épandage et sédimentation et surtout pour la mise au point des méthodes de mesures directes simples et efficaces du genre de celle présentée ici.

#### REFERENCES

- Bureau Coyne et Bellier (1975) *Bilan hydraulique de la retenue du Bezirk de 60/61 à 73/74*: Tunis, ronéo.
- Claude, J., Francillon, G. et Loyer, J. Y. (1976) *Les alluvions déposées par l'Oued Medjerdah lors des crues exceptionnelles de mars 1973*: Ministère de l'Agriculture, DRES-ORSTOM, Tunis, ronéo.
- Ghorbel, A. et Chartier, R. (1976) *Mesure d'envasement de la cuvette du barrage Kasseb*: Ministère de l'Agriculture, DRE Tunis, ronéo.
- Lebreton, J. C. (1974) *Dynamique Fluviale*. Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'EDF; Eyrolles, Paris.
- SCET, Tunisie (1960) Bassin versant du barrage de l'Oued Mellègue. Etude des débits solides. *Etude IRH no.22*, Tunis, ronéo.
- Tixeront, J. (1960) *Taux d'abrasion et teneur en suspension des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie*. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture (Service HAR), Tunisie, ronéo.

2