

QUANTIFICATION DE L'EROSION A PARTIR D'IMPLANTATION DE QUATRE RETENUES COLLINAIRES DANS LA ZONE DES MARNES.

W. Relizane. Algérie.

Mme B.Touaïbia* , Mme S. Dautrebande **,
Mr D.Gomer.*** Mr M.Mostefaoui****.

RESUME

Ce travail consiste à quantifier le phénomène de l'érosion dans une zone des marnes du bassin versant de l'oued Mina et déterminer la proportion de sédiments charriés par l'oued et susceptibles d'être retenus par des ouvrages de retenues collinaires et leur impact sur le barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda.

OBJECTIF

Le barrage de Sidi-M'Hammed Bénaouda est menacé par l'envasement de par son emplacement.

Situé à l'extrême Nord du bassin versant de l'Oued Mina, et au Sud de la wilaya de Relizane, son bassin versant d'une superficie de 4900 Km² est soumis à une érosion intense essentiellement dans sa partie septentrionale constituée de marnes sur une superficie de 1000 Km².

Dans un souci de lutte anti-érosive, le bassin versant de l'oued mina a été retenu dans le cadre d'un projet pilote d'aménagement intégré et de mise en valeur (GTZ, 1990).

L'objectif de ce dernier est de quantifier l'érosion, de développer et de tester des pratiques anti-érosives afin de mobiliser et de protéger la ressource en eau, voire limiter l'érosion et réduire l'envasement à l'aval.

Le but de notre travail est de déterminer dans la zone des marnes des sites favorables à l'implantation de retenues collinaires et d'étudier leur faisabilité tout en quantifiant l'apport de sédiments arrêtés par ces dernières afin de préserver le barrage contre un envasement précoce. Ainsi, de par une étude topographique, quatre sites jugés favorables, ont été retenus et étudiés.

I. PRESENTATION DE LA REGION

1.1 Le Bassin versant de l'oued Mina

Il est situé à environ 300 Kms dans l'Ouest Algérien, dans le Tell Oranais, et s'étend sur le glacis septentrional du massif montagneux du Chott. Il est situé entre 0°20' de Longitude Est et entre 34°40' et 35°40' de Latitude Nord. Il occupe une superficie au droit du barrage de 4900 Km² et s'étend sur une distance de 90 Kms du Nord au Sud et 55 Kms d'Est en Ouest. Son climat est de type semi-aride méditerranéen.

* Chargée de cours. ENSH. BP 31. Blida. Algérie

** Professeur, Faculté des Sciences Agronomiques. Gembloux. Belgique.

*** IWK. Université de Karlsruhe. Allemagne

**** INES Agronomie. Chleff. Algérie.

1.2 Le barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda

Ce barrage dit ES-SAADA est situé à 22 Kms au Sud de la ville de Relizane. De Digue homogène, il est construit sur le principal affluent de l'Oued Cheliff qu'est l'Oued Mina. L'apport moyen interannuel au droit du barrage calculé sur une période de 18 années est estimé à 214 Mm³.

Sa capacité utile, calculée dans le cas d'une régularisation interannuelle (Meddadi, 1994) est estimée à 159 Mm³, pour une garantie de la consommation annuelle de 80% et un nombre d'années sèches égal à 6.

D'une hauteur de 61 m, d'après l'étude de régularisation (Meddadi, 1994), le barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda est destiné à l'irrigation de la plaine de la mina, à l'approvisionnement du secteur industriel et à l'adduction d'eau potable de la ville de Relizane. Le besoin en eau annuel selon le ministère de l'agriculture (D.E.G.H.A, 1993) est estimé à 95 Mm³.

Depuis sa mise en service (1978), la barre de 82 Mm³ n'a jamais été dépassée du fait de la sécheresse enregistrée ces dernières années.

Selon l'étude de régularisation, son volume au niveau normal de la retenue (V_{NNR}) est estimé à 192 Mm³ pour un délai de service de 50 ans.

1.3 La Zone d'étude

La zone d'étude, située au Nord du bassin versant de l'Oued Mina, occupe une superficie de 1000 Km², soit le 1/6 de la surface totale du bassin versant. Elle est constituée essentiellement de marnes tertiaires d'où son appellation " Zone des Marnes ".

Ces terrains présentent une très grande sensibilité à l'érosion et participent pour beaucoup à la production de sédiments à l'aval. Les caractéristiques lithologiques ont été déterminantes pour les aménagistes quant au choix de cette zone (sensibilité du sol à l'érosion, défrichement, éboulement, ravinement.....).

Six micro-bassins versants expérimentaux y sont délimités, sur lesquels plusieurs techniques anti-érosives y sont pratiquées à fin de tests.

Du point de vue sociologique, cette zone des marnes connaît de larges mouvements de la population à la recherche d'eau potable et de terres fertiles. Une agriculture d'autosubsistance y est pratiquée et aucune infrastructure industrielle n'existe.

1.4 Les sites

Une des conséquences visibles de l'érosion hydrique surtout par ruissellement est l'existence d'un réseau d'écoulement très dense accentué par un relief très pentueux et accidenté, localisé surtout sur la rive gauche de l'Oued El-Haddad et de l'Oued Mina.

Il est également observé une érosion régressive des lits d'oueds et des fonds de ravins et d'importants glissements de terrains.

II HYDROLOGIE DES S/BASSINS VERSANTS

2.1 Détermination des caractéristiques hydromorphométriques

C'est au niveau de la rive gauche, dans la zone des marnes qu'une étude de faisabilité de quatre retenues collinaires a été entreprise.

L'étude hydrologique a permis de calculer les caractéristiques hydromorphométriques des quatre S/bassins (Mostéfaoui, 1994).

La formule de Giangotti a été utilisée pour le calcul du temps de concentration des eaux dans les S/bassins, soit :

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1.5 L_{cp}}{0.8 \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

t_c : Temps de concentration des eaux du bassin versant
 S : Surface du bassin en Km^2
 L_{cp} : Longueur du cours d'eau principal en Km
 H_{moy} : Altitude moyenne du bassin en m
 H_{min} : Altitude Minimale en m.
 V_t : Vitesse de transfert des eaux en Km/h
 La vitesse de transfert est définie comme étant la distance parcourue par les eaux le long du cours d'eau principal " L_{cp} " rapportée au temps de concentration du bassin versant " t_c ".
 Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 1.

Tab 1. Caractéristiques Hydromorphométriques des 4 S/bassins

Bassin versant Zone d'étude	OUED MINA			
	Rive de Mina	gauc de l'Oued	he de El-haddad	l'Oued
Sites	1	2	3	4
S/Bassin CHAABA	BECHIRA	TIRZA	ATROUS	ATROUS
X m	308.16	309.86	302.73	302.28
Coordonnées Y m	252.00	252.17	245.45	242.65
du site Z m	182.00	181.00	320.00	325.00
Surface Km^2	8.637	5.349	1.460	13.390
Périmètre Km	14.170	13.000	7.000	18.350
Indice de compacité	1.35	1.57	1.62	1.40
Longueur Km	5.520	5.514	3.010	7.318
Largeur Km	1.563	0.986	0.490	1.857
Altitude Max. m	472.00	472.00	440.00	625.00
Altitude Moy. m	305.62	300.12	380.10	421.30
Altitude Médiane m	330.00	330.00	408.00	434.00
Indice de pente moy %	52.54	52.77	39.87	40.99
Longueur du cours d'eau principal Km	2.88	4.57	2.08	2.41
Densité de drainage Km/Km^2	7.121	6.375	6.274	5.427
Temps de concentration des eaux du bassin h	1.8	1.8	1.2	2.3
Vitesse de transfert des eaux dans le bassin Km/h	0.44	0.71	0.48	0.29

2.2 Pluviométrie

Les valeurs moyennes interannuelles de la pluviométrie de la lame d'eau évaporée et de la température sont respectivement égales à 343 mm, 1107 mm et 18 °.

L'ajustement théorique à la loi de Gumbel sur une période de 18 ans des précipitations maximales journalières observées à la station de Oued El-Abtal (Dubreuil, 1974), a permis d'estimer les pluies maximales journalières à différentes fréquences ($P_{maxj,p\%}$).

L'expression générale de la droite de Gumbel est :

$$X = 11.93 Y + 33.12 \quad \text{donnant un coefficient de corrélation "r" entre X et Y égal à 0.92.}$$

X : Pluie maximale journalière (mm)

Y : Variable réduite de Gumbel

Les pluies maximales journalières probables ($P_{maxj,p\%}$) sont estimées à partir de l'équation de la droite de Gumbel, et les résultats sont présentés dans le tableau 2.

$$P_{maxj,p\%} = X_{p\%} = 11.93 Y_{p\%} + 33.12 \quad (\text{Fréquence au non dépassement})$$

Tab 2. Pluies maximales journalières probables
Pmax j ,p%

Fréquence p%	20	10	4	2	1
Pmax j,p % mm	51	59	71	79	88

Les S/bassins versants étant très proche de la station de Oued El-Abtal, la pluie maximale journalière probable a été prise en référence dans le calcul de la pluie maximale journalière de durée égale au temps de concentration. Pour cela ,la formule de Montanari a été utilisée pour sa détermination

$$P_{max\ tc,p\%} = P_{max\ j,p\%} \cdot (tc / 24)^b$$

où ' b ' est l'exposant climatique évalué à 0.437 pour la station de Oued El-Abtal (Dahel,1991). Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

Tab 3. Pluies maximales probables de durée égale au temps de concentration
des quatre S/bassins des retenues Pmax tc,p%

Fréquence p%	1	2	3	4
20	16	16	13	18
10	19	19	15	21
4	22	22	19	25
2	25	25	21	28
1	28	28	23	31

2.3 Les écoulements

2.3.1 L'apport moyen et l'apport fréquentiel

Des formules empiriques de Samie (1956) et Sokolovsky (1945) ont été retenues pour l'estimation respective de la lame d'eau écoulée moyenne interannuelle(Le) et du coefficient de variation(Cv) pour les quatre S/bassins.Ces formules sont les suivantes:

$$Le = Po^2 - (293 - 2.2 \sqrt{S}) \quad (\text{Samie})$$

où Le : Lamme d'eau écoulée moyenne interannuelle en mm
Po: Précipitation moyenne interannuelle en mm
S: Surface du bassin versant en Km²

$$Cv = a - 0.63 \log (S+1) \quad (\text{Sokolovsky})$$

où a = 0.78 - 0.29 log Mo est une constante empirique dépendant du débit spécifique

S : Surface du bassin en Km²

Mo: Débit spécifique moyen interannuel en l / s / Km²

A partir de la lame d'eau calculée moyenne interannuelle(Le) ,le coefficient d'écoulement moyen interannuel (Ce)a été déterminé pour les quatre S/bassins.Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tab 4. Estimation de l'apport, du coefficient de variation et du coefficient d'écoulement moyen inter-annuel. (Ao, Le , Cv et Ce)

S/Bassins versants	Le mm	Ao Mm3	Cv	Ce %
1	34	0.29	0.71	10
2	34	0.18	0.72	10
3	34	0.05	0.74	10
4	34	0.44	0.70	10

La loi de Galton a permis l'estimation des apports annuels à différentes fréquences, ou différentes périodes de retour. Les paramètres d'ajustement de cette loi, à savoir la moyenne et l'écart type, ont été inspirés du tableau 4. L'apport fréquentiel $A_{p\%}$ est calculé par la formule suivante:

$$A_{p\%} = \frac{A_o}{\sqrt{Cv^2+1}} e^{u_{p\%} \sqrt{\ln(Cv^2+1)}} \quad (\text{Sokolov et}, 1976)$$

et les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tab 5. Apports annuels à différentes fréquences

Fréquences P%	10	20	30	80
S/Bassins				
1	0.538	0.336	0.094	0.825
2	0.406	0.253	0.070	0.625
3	0.237	0.147	0.040	0.368
4	0.139	0.085	0.023	0.216

2.3.2 Les débits de crues

Les débits de crues maxima probables ont été déterminés par la méthode de l'hydrogramme synthétique (appelée souvent méthode des isochrones), après avoir découpé les S/bassins en isochrones. Les résultats de l'application de cette méthode sont récapitulés dans le tableau 6, et les hydrogrammes de crues à différentes périodes de retour sont donnés par les fig 1a, 1b, 1c et 1d.

Tab 6. Débits de crues maxima à différentes fréquences.

Fréquence P %	20	10	4	2	1
S/bassins					
1	3.35	3.87	4.66	5.18	5.77
2	2.07	2.40	2.89	3.21	3.58
3	0.71	0.82	0.99	1.10	1.23
4	4.52	5.23	6.29	7.00	7.80

2.4 Les apports solides

Les apports solides ont été calculés à partir des formules de Tixeront (1960) et de Gravilovic et comparés à ceux trouvés sur les micro-bassins expérimentaux de la zone des marnes, comme le montre le tableau 7.

Tab 7. Erosion spécifique moyenne
(Tonnes / Km² .an)

S/bassins versants	1	2	3	4
Tixeront	2373	2375	2378	2371
Gravilovic	2090	2090	1131	1152

Fig 1a. HYDROGRAMMES DE CRUE
RETENUE 1

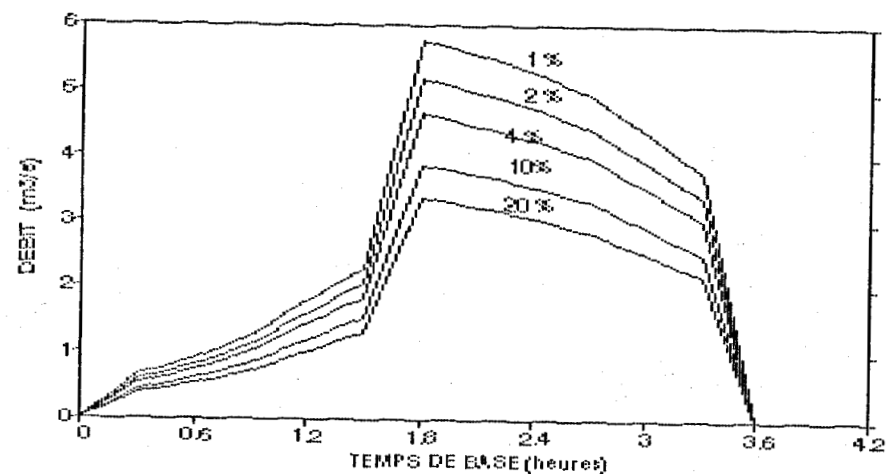
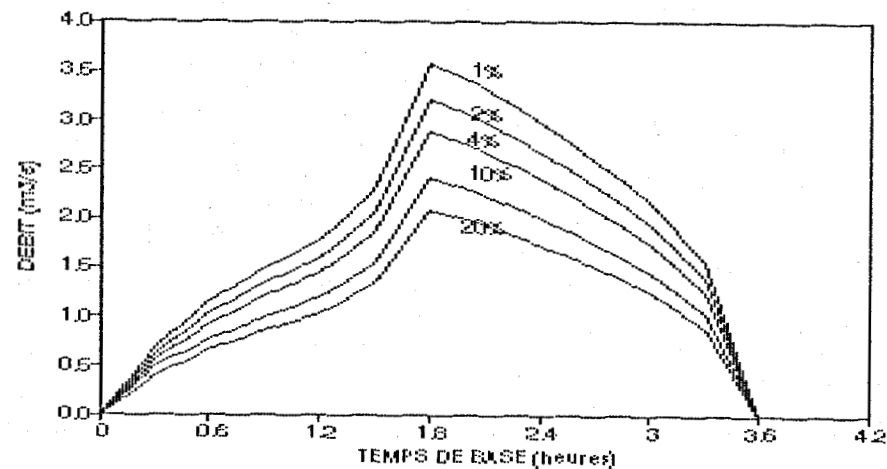


Fig 1b. HYDROGRAMMES DE CRUE
RETENUE 2



413

Fig 1c. HYDROGRAMMES DE CRUE
RETENUE 3

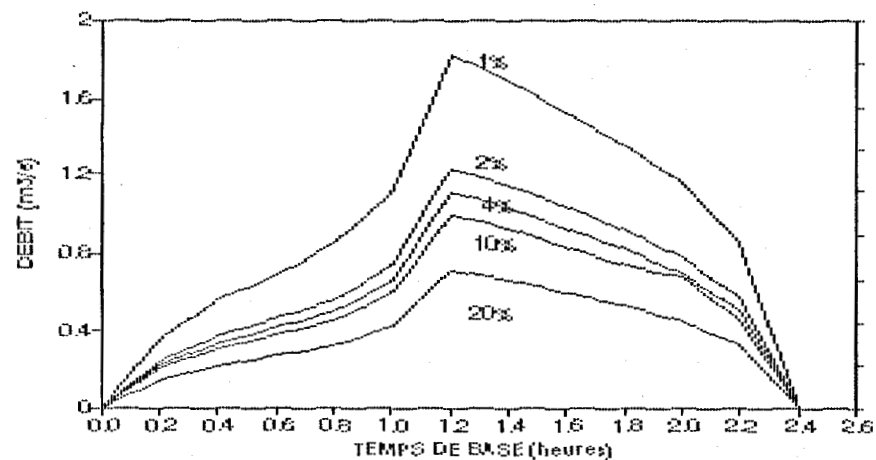
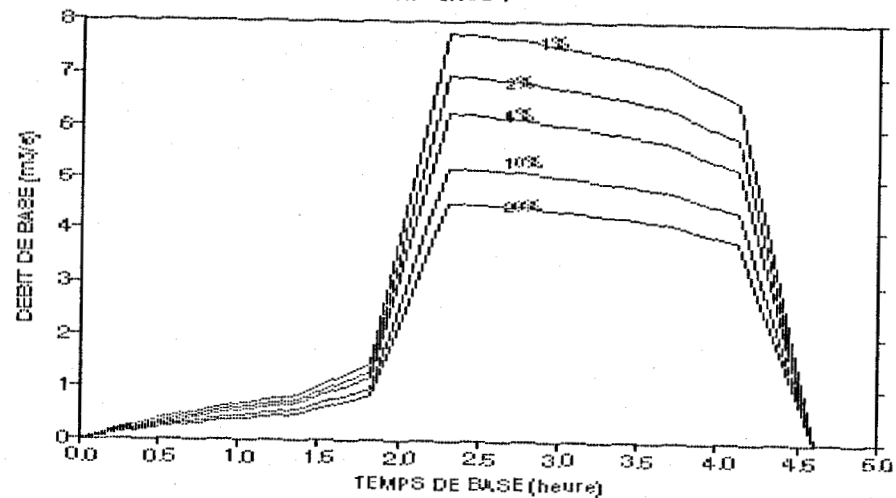


Fig 1d. HYDROGRAMMES DE CRUE
RETENUE 4



La valeur expérimentale calculée à partir des résultats expérimentaux des micro-bassins (observations) contenus dans le rapport d'évaluation (GTZ , 1990) est estimée à :
 $E_s = 2560 \text{ Tonnes / Ha .an}$

Au vu du tableau 7 ,les résultats estimés par la formule de Tixeront ont été pris en considération moyennant une érosion spécifique pour l'ensemble des S/Bassins versants des retenues la valeur de $2374 \text{ T/ Km}^2.\text{an}$. Cette valeur est entrée dans l'estimation du volume des quatre retenues.

III IDENTIFICATION DES RETENUES ET DU BARRAGE

3.1 Caractéristiques des retenues

La région d'étude est une zone marneuse, fortement ravinée, où tous les sols sont défrichés et les versants complètement nus.

Les courbes topographiques des quatre retenues sont présentées par les figures 2a-2b-2c-2d. Les caractéristiques volumétriques sont données dans le tableau 8.

Tab 8. Identification des retenues

RETENUES		1	2	3	4
Délai de service	an	5	1	5	1
Volume mort	m ³	40991	2541	5786	4233
Hauteur morte	m	4.70	3.00	3.30	2.40
Volume utile	m ³	38152	2868	3893	2690
Hauteur au NNR *	m	6	4	4	3
Volume au NNR *	m ³	79143	5409	9679	6923
Volume forcé	m ³	0.584	0.121	0.447	0.050
Hauteur forcé	m	0.70	0.60	0.50	0.90
Hauteur projetée	m	7	5.30	4.50	4.00
Hauteur d'exécution	m	7.20	5.50	4.60	4.10

* NNR : Niveau Normal de la Retenue

3.2 Quantification de l'apport solide dans les retenues

Comme il est constaté dans le tableau 8, le volume utile ,c'est à dire le volume destiné à la consommation (déterminé selon les caractéristiques topographiques), est égal pour ne pas dire moindre au volume mort calculé pour un délai de service donné. Si l'on tient compte du fait qu'une retenue est construite pour la satisfaction du consommateur, sa construction s'avère inutile. Et comme son but essentiel est l'accumulation des sédiments, reste à définir sa durée de vie et son impact sur le barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda à l'aval.

Le poids volumique des sédiments retenus par le barrage est de 1.6 T/m^3 (A N B , 1976). Selon la même source ,on estime à 1 millions de m³, le volume de sédiments qui arrivent en moyenne annuellement au barrage ,soit une érosion spécifique de $326 \text{ T/Km}^2. \text{an}$.

L'érosion spécifique moyenne calculée pour le bassin versant de la Mina, les S/bassins des retenues est donnée dans le tableau 9.

Tab 9. Erosion spécifique moyenne

Bassin versant	Surface km ²	Erosion spécifique moy. Es en T/Km ² .an
Au droit du barrage	4900	326
S/Bassins versants	28.84	2374

Fig 2a. **COURBE DES VOLUMES D'EAU**
Retenue 1 $V = f(H)$

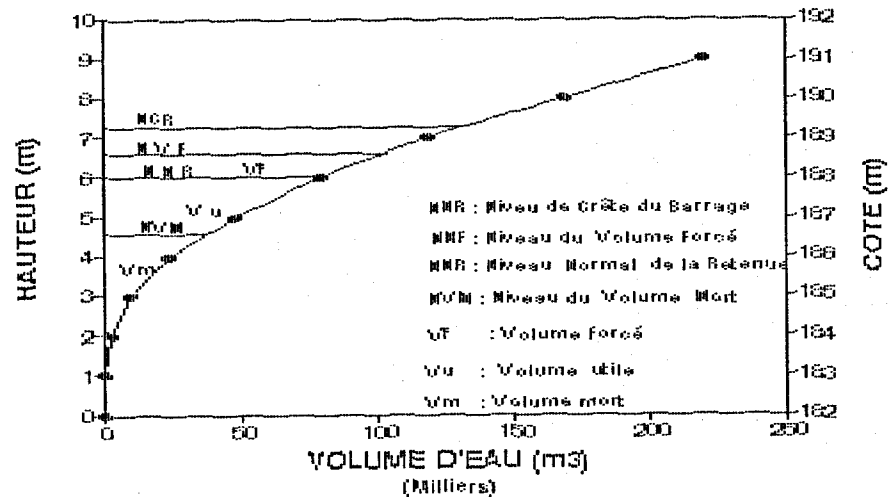
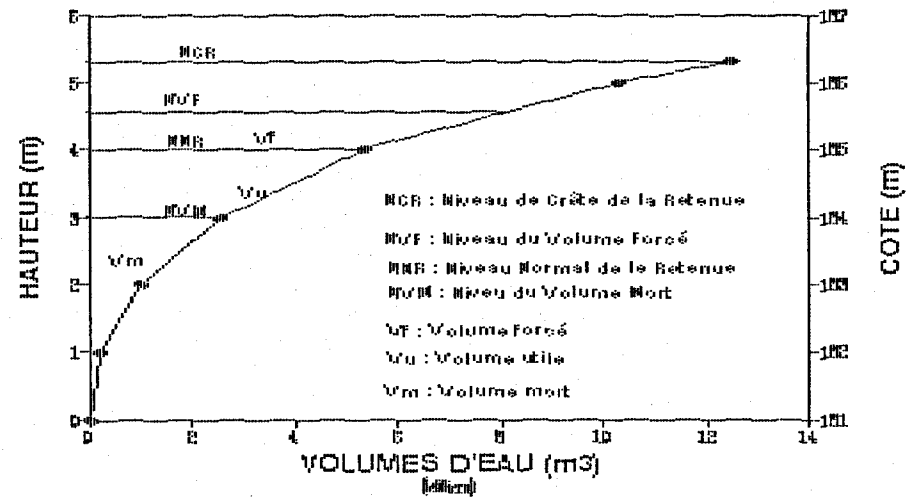


Fig 2b. **COURBE DES VOLUMES D'EAU**
Retenue 2 $V = f(H)$



514

Fig 2c. **COURBE DES VOLUMES D'EAU**
Retenue 3 $V = f(H)$

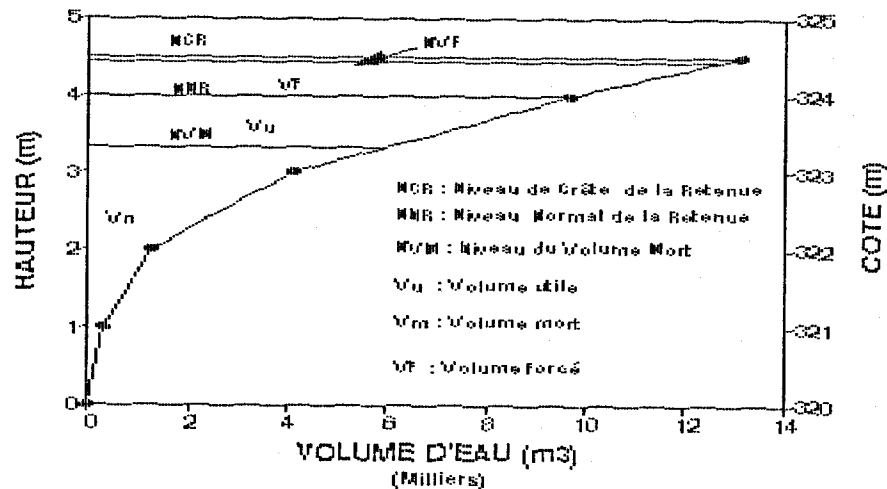
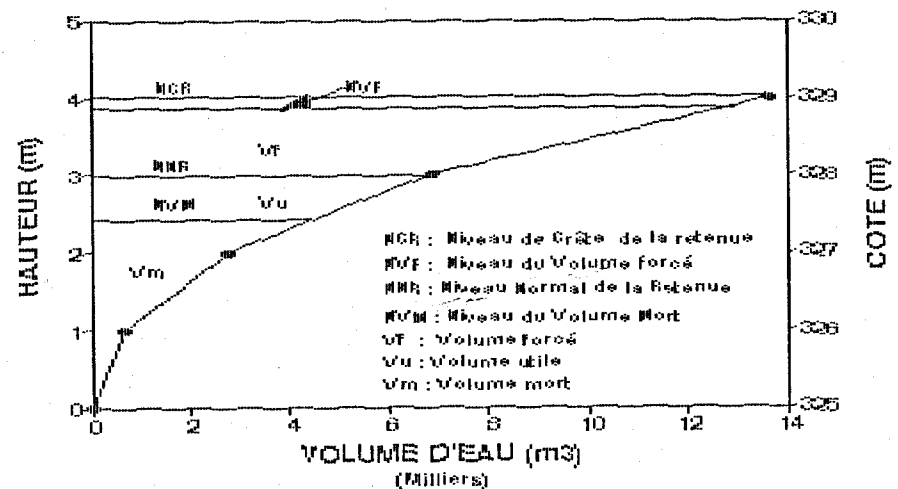


Fig 2d. **COURBE DES VOLUMES D'EAU**
Retenue 4 $V = f(H)$



Au vu du tableau 9, les résultats diffèrent de beaucoup entre eux.

A l'échelle micro-bassin et S/ bassin versant, l'apport de sédiments rapporté à l'unité de surface ou érosion spécifique est quasiment identique et représente 8 fois plus celle du bassin versant au droit du barrage. Ceci s'explique par le fait que l'on est toujours dans la même zone qui est la zone des marnes.

Compte tenu de ces résultats, la zone des marnes reste une zone très productive, très dangereuse pour la sédimentation du barrage, vu la position de ce dernier.

Tab 10. Quantification des sédiments dans les retenues

Retenues		1	2	3	4
Hauteur projetée	m	7.00	5.30	4.50	4.00
Volume d'eau total	m ³	118751	12474	13122	13647
Quantité de sédiments	T	190002	19958	20995	21835
Durée d'envasement	an	14	5	11	3
Quantité de sédiments déposés en 1 année	T	13572	3992	1907	7278
Taux d'envasement annuel	%	7.14	20.00	9.08	33.33

Comme il est constaté dans le tableau 10, la retenue 4 est la première à s'envaser après 3 années de service avec un taux d'envasement annuel estimé à 33.33 %. Son volume mort fait le double de sa capacité utile (tableau 9).

En une année, elle est déjà envasée à 61%, si l'on considère la retenue (4) à son niveau normal (NNR).

Du point de vue économique (Mostéfaoui, 1994), seule la retenue 1, peut être prise en considération.

3.3 Identification du barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda

D'après l'étude de régularisation (Meddadi, 1994) faite pour un apport fréquentiel de 80%, on estime à 33.5 Mm³ le volume occupé par la vase (Volume mort) et à 159 Mm³ le volume régularisé (volume destiné à la consommation) soit un volume de 192.5 Mm³ à son niveau normal comme le montre la figure 3.

Si ce dernier volume devrait être occupé par la vase, la quantité de sédiments stockés serait d'environ de 308 Mm³ pour un poids volumique de la vase de 1.6 T/m³.

La quantité de sédiments globale pouvant être arrêtée par les quatre retenues durant leur survie est de 252789 Tonnes, représentant 0.08% du volume total du barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda à son niveau normal.

V CONCLUSION GENERALE

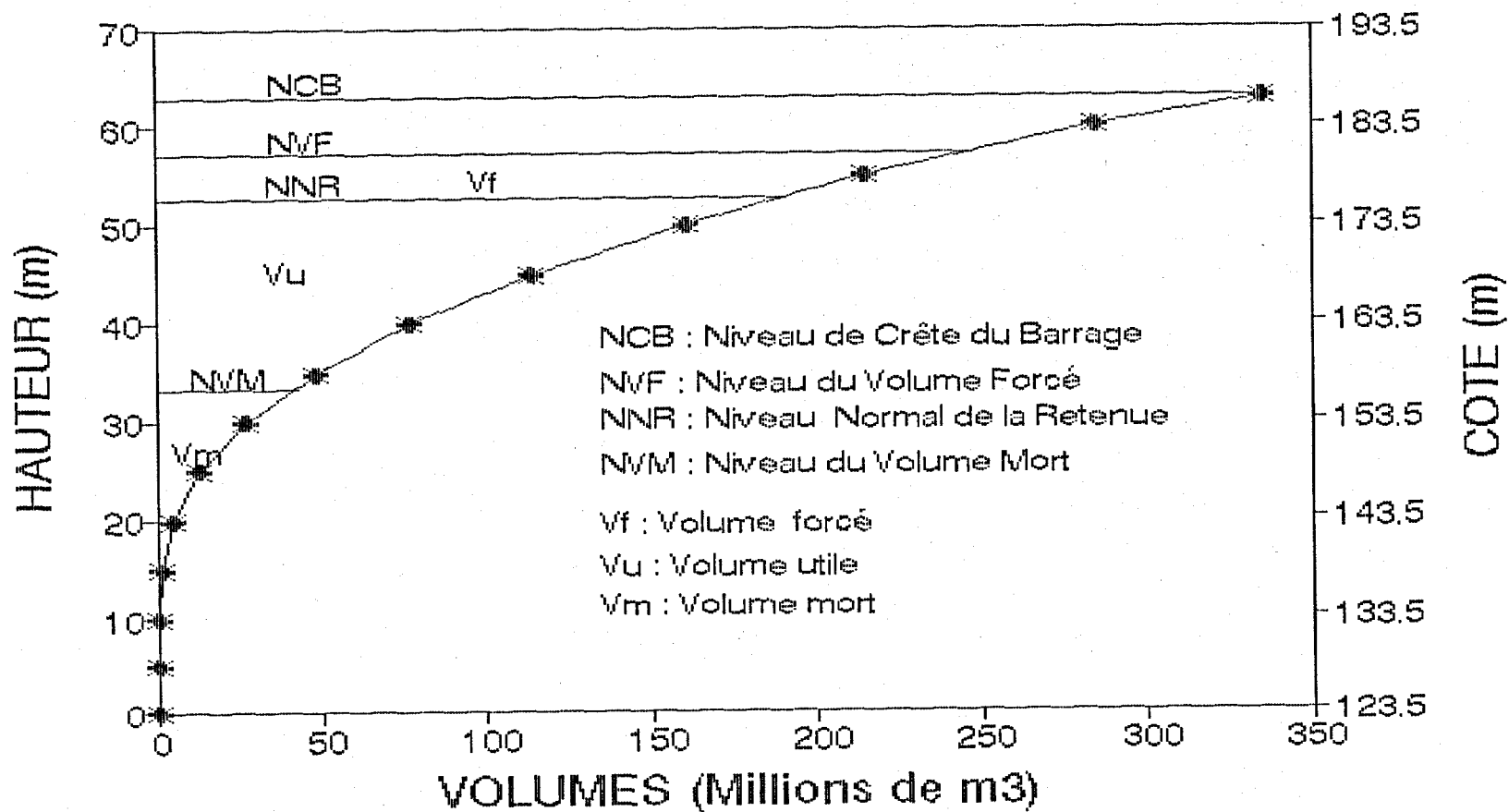
L'implantation de ces quatre retenues est trop insuffisante quant au rôle joué vis à vis du barrage de Sidi-M-Hammed Bénaouda.

Il en faut plusieurs retenues pour arriver à une conclusion, seulement les sites restent difficilement trouvables, vu la nature très accidentée des versants de cette zone.

A cours terme, la réalisation de la retenue 1, peut jouer un rôle important dans la stabilisation de la population à la recherche d'un point d'eau, afin d'y pratiquer une agriculture de subsistance.

L'implantation des retenues seules ne peut suffire à freiner l'érosion dans la zone des marnes. Une lutte anti-érosive globale doit être menée sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Mina si l'on espère un jour freiner l'érosion et lutter contre la sédimentation du barrage à l'aval.

Fig 3. Courbe Topographique
 $V = F(H)$



BIBLIOGRAPHIE

- * **Meddadi A,1994**
Régularisation du barrage de Sidi-M-hammed dans la Wilaya de Relzane.
Mémoire de Fin d'étude (Ingéniorat)
Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH). Blida.Algérie
- * **Mostéfaoui M ,1994**
Quantification de l'érosion à partir d'implantation de quatre retenues collinaires dans la zone des marnes du bassin versant de l'Oued Mina dans la Wilaya de Relzane.
Mémoire de fin d'études (Ingéniorat)
Institut National d'Enseignement Supérieur d'Agronomie (INESA) .Chleff. Algérie
- * **D.E.G.H.A,1993**
Plan de développement de dix ans de la grande irrigation
PDGI 10,1995 à 2004, volume 1,
Ministère de l'agriculture, Alger .Algérie.
- * **Dahel M,1991**
Répartition spatiale de la pluie
Mémoire de fin d'études(Ingéniorat)
Institut National d'Enseignement Supérieur d'Agronomie (INESA).Chleff.Algérie
- * **G T Z , 1990**
Rapport d'évaluation
Projet pilote d'aménagement intégré du bassin versant de l'Oued Mina
ORDF ,Sidi-M-Hammed Bénaouda. Relizane.Algérie
- * **Sokolov A.A ,Rantz et Roche M,1976**
Calcul des crues d'averses
Méthode basée sur l'expérience mondiale UNESCO- OMM (en anglais)
- * **A N B ,1976**
Avant projet détaillé du barrage de Sidi M'hammed Bénaouda.
Agence nationale des barrages, Ministère de l'hydraulique. Alger.Algérie
- * **Dubreuil P, 1974**
Initiation à l'analyse hydrologique
Edition Masson ,Paris . France
- * **Tixeront J,1960**
Les débits solides des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie
Etudes hydrologiques , Serie II ,Secrétariat Agricole .Tunis.
- * **Samie C,1956**
Synthèse des travaux de Ribers G, Cardonna J et de Samie C
Annuaire hydrologique 1995-1956 DHERA,SES,Algérie.
- * **Sokolovsky DL,1945**
Calculs hydrologiques pour la construction des ponts.
Hydrométéoizdat,Leningrad .URSS (en russe).

- * **MOTS CLES**
Erosion - Bassin versant - Apport solide - Retenue collinaire - Envasement.