

SECRETARIAT D'ETAT A L'HYDRAULIQUE

DIRECTION DES ETUDES DE MILIEU
ET DE LA RECHERCHE HYDRAULIQUE

SOUS DIRECTION DES RESSOURCES
EN EAU

SERVICE ---- HYDROLOGIE

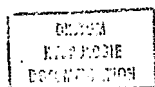
TRANSPORTS SOLIDES
DU CHELIFF
A SIDI BEL ATAR
NOTE HYDROLOGIQUE

G. JACCON.

Note Technique N° 27/SHYL.

Code : 01-36-02

Date : Septembre 1974.



71498

22 AOUT 1975
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence
n° 7684 Hydr.

La détermination de la garde d'envasement à retenir pour l'étude du Barrage de Sidi Bel Atar, à l'embouchure du Chélif, conditionne la faisabilité de cet aménagement.

Deux estimations ont été faites jusqu'à ce jour. Elles diffèrent nettement dans leur valeur et semblent se situer de part et d'autre de la limite de faisabilité. Il convient donc maintenant de préciser la valeur la plus vraisemblable à la lumière des observations effectuées ces dernières années aux stations hydrométriques de Sidi Bel Atar, Djidiouia (Chélif) et Relizane-Amont (Mina).

Cette note comprend les chapitres suivants :

- 1 - Etudes antérieures : critiques des méthodologies utilisées et résultats.
- 2 - Données récentes.
- 3 - Analyse de ces données et estimation du transport solide actuel.
- 4 - Evolution dans l'avenir avec l'aménagement du Bassin du Cheliff. Conclusions.
- 5 - Bibliographie.

1) Etudes antérieures.

Elles sont citées en bibliographie, en fin de note.

Les estimations du transport solide dans les deux études sont les suivantes :

<u>TORAN</u>	Sans SMBA, ni Deurdeur .	Avec SMBA et Deurdeur.
Apports liquides	1220 Hm3	1050 Hm3
Apports solides	39 10 ⁶ tonnes	33 10 ⁶ tonnes

.../...

D.E.M.R.H

26 10⁶ tonnes

23 10⁶ tonnes

Les méthodes utilisées pour ces estimations sont largement décrites dans les rapports cités.

Pour TORAN :

1) Méthode comparative basée sur une relation entre l'EROSION Spécifique (exprimée en tonnes /km²/an) et le Ruissellement. La référence de base est le bassin du Fodda (3500 T/km²/an pour 105 mm de ruissellement).

2) Recherche d'une relation débit solide-débit liquide à la station de Sidi Bel Atar. Cette relation est basée sur les mesures des suspensions faites par la DEMRH entre Octobre 1969 et Janvier 1971.

Pour la D.E.M.R.H. :

3) Utilisation d'une relation entre l'EROSION Spécifique et le coefficient de torrentialité du bassin (indice morphométrique caractérisant la densité du Chevelu hydrographique) .

CRITIQUES :

1) Les études 1 et 3 s'appuient sur des relations qui concernent des bassins versants de superficie modérée (2500 km² au plus) donc relativement homogènes dans leur nature géographique et leur régime pluviométrique. Il n'en est pas de même pour le bassin du Cheliff à l'aval du Ghibout dont la superficie est de 20 000 km² !

Quelle signification peut avoir une lame ruisselée moyenne ou un coefficient de torrentialité sur une telle superficie ?

Il est bien évident que de telles estimations- Comparatives - sont très approximatives et surtout très sensibles aux " sentiment " de l'opérateur.

.../...

Notons aussi que ces méthodes ignorent l'influence des sa-
pements de berge, très importants dans la vallée du Cheliff.

2) La méthode n° 2 est basée sur des mesures réelles au site
même de Sidi Bel Atar. Mais la relation établie est très mal déterminée (ex-
trême dispersion des points). La encore, le tracé de la relation est trop
lié au jugement personnel.

La divergence entre les 2 études est grande (26 à 33. 10⁶ t).
et leur lecture n'apporte pas d'arguments décisifs pour prendre parti pour
l'une ou l'autre des méthodologies utilisées.

2. Données Récentes .

Les mesures des transports en suspension ont été poursuivies
régulièrement depuis 1968 à la station hydrométrique de Sidi Bel Atar.

Par ailleurs les stations de Djidiouia sur le Cheliff et
Relizane-Amont sur la Mina ont été installées en Décembre 1972 et apportent
date/ depuis cette/des données complètes sur les deux tributaires de la plaine du
Cheliff.

Qualité des données.

Du point de vue Hydrométrique de la qualité des données est
excellente pour les trois stations (limnigrammes et lectures d'échelle 3 à 8
fois par jour).

L'étalonnage de la station de Sidi Bel Atar est très correct-
Par contre celui des deux autres stations, est provisoire et fortement extra-
polé vers les forts débits pour Djidiouia.

.../...

Les prélèvements des matériaux en suspension sont assez abondants pour permettre un tracé acceptable du turbidigramme surtout pour les deux dernières années (jusqu'à 8 prélèvements en crue) - Ces prélèvements sont effectués depuis la rive ou depuis le pont à l'aide d'un flacon lesté de 500 cm³ - La concentration en matières solides est déterminée par pesée après filtration et séchage à l'étuve.

Les résultats de ces mesures semblent assez homogènes malgré quelques chiffres manifestement aberrant mais qui, noyés dans la masse, ont une influence négligeable -.

Des prélèvements simultanés sur toute la largeur du lit, ont montré un écart inférieur à 10 % entre les concentrations au milieu et près des rives. Verticalement, l'écart est sans doute plus important - Surtout en raison des éléments plus grossiers (en particulier le sable fin qui progresse par sauts) - et doit atteindre 15 à 20 % On peut admettre, pour un oued comme le Cheliff où le brassage n'est pas excellent, que la concentration d'un prélèvement près des rives est inférieur de 20 % à 30 % à la concentration moyenne totale (suspension + charriage).

L'imprécision liée au tracé du turbidigramme est indéterminable. Elle ne dépasse pas 25 % pour les trois dernières années pour lesquelles les prélèvements sont nombreux (mais encore insuffisants) mais peut être beaucoup plus élevée entre 1968 et 1971.

Nous constatons néanmoins que les résultats donnés dans les tableaux 1 et 2 Ci-après ne présentent pas d'anomalies évidentes.

REMARQUES :

1. Les apports en suspension des tableaux 1 et 2 sont bruts et résultent directement du dépouillement des turbidigrammes.

... / ...

TABLEAU N° 1

APPORTS MENSUELS LIQUIDES ET SOLIDES A SIDI BEL ATAR

1968 - 1974

(VALEURS MEASUREES)

ANNEE		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	TOTAL
68/69	A	14,2	12,8	18,3	270,5	83,3	52,4	202,2	104,5	143,8	19,0	13,7	13,0	947.7
	TS	0,002	0,002	0,005	2,65	0,61	0,33	2,4	2,12	1,63	0,010	0,005	0,004	13.8
69/70	A	24,0	203,6	70,6	672,8	642,1	146,4	106,4	73,3	32,4	11,3	12,3	10,8	2006
	TS	0.047	12.8	1.66	29.4	12.1	0.76	0.60	0.19	0.066	0.044	0.005	0.001	57.7
70/71	A	15.9	15.8	14.0	23.6	113.2	109.8	61.9	192.1	276.1	13.9	9.53	8.9	854.8
	TS	0.002	0.002	0.001	0.06	1.48	1.33	0.16	3.82	13.3	0.053	0.013	0.001	20.2
71/72	A	23.3	29.5	145.2	250.0	762.4	439.9	557.5	109.1	246.4	58.2	13.0	15.2	2649
	TS	0.54	0.40	6.80	9.70	29.4	6.03	16.8	0.73	4.05	0.032	0.002	0.001	74.5
72/73	A	4.29	38.8	16.8	10.6	114.9	462.0	245.0	227.6	59.5	27.0	6.4	10.0	1233
	TS	0.19	1.08	0.27	0.24	1.41	6.63	1.22	2.42	0.074	0.16	0.001	0.003	13.7
73/74	A	19.1	21.9	17.8	63.8	80.1	171.7	216.9	609.9	154.3	40.6	(16.0)	(13.0)	1425.
	TS	0.025	0.083	0.011	0.64	0.75	2.09	4.62	11.9	1.65	0.55	(0.010)	(0.005)	22.4

A = Apports liquides en millions de m3.

TS = Apports en suspension en millions de tonnes.

TABLEAU N° 2

APPORTS MENSUELS LIQUIDES ET SOLIDES AUX STATIONS DE
DJIDIOUIA (Cheliff), RELIZANE (Mina) et SIDI BEL ATAR (Cheliff)
de Février 1973 à Juin 1974.

Mois 1 9 7 3	Apports liquides				Apports en suspension			
	Djidiouia	Relizane	Σ	S.bel.Atar	Djidiouia	Relizane	Σ	S.bel.Atar
Février	375.8	35.0	410.8	462.0	4.52	0.386	4.906	6.63
Mars	207.1	25.7	232.8	245.0	0.87	0.312	1.182	1.22
Avril	190.0	30.2	220.2	227.6	2.02	0.122	2.142	2.42
Mai	43.4	13.8	57.2	59.5	0.094	0.005	0.099	0.07
Juin	16.0	13.3	29.3	27.0	0.085	0.008	0.093	0.163
Juillet	5.4	9.9	15.3	6.4	0	0	0	0.001
Août	4.1	11.8	15.9	10.0	0	0	0	0.003
TOTAL	841.8	139.7	981.5	1037.5	7.59	0.833	8.423	10.51
Sept.	9.1	12.2	21.3	19.1	0.007	0	0.007	0.025
Oct.	8.0	9.0	17.0	21.9	0.053	0	0.053	0.083
Nov.	6.3	9.6	15.9	17.8	0.008	0	0.008	0.011
Dec.	46.0	14.1	60.1	63.8	0.231	0.125	0.356	0.638
Janv.	62.3	10.5	72.8	80.1	0.371	0.033	0.404	0.750
Fév.	140.5	9.3	149.8	171.7	2.01	0.034	2.044	2.09
Mars	200.0	13.6	213.6	216.9	3.42	0.293	3.713	4.62
Avril	484.3	30.8	515.1	609.9	8.82	0.184	9.004	11.9
Mai	139.3	12.7	152.0	154.3	1.58	0.032	1.612	1.65
Juin	28.3	15.5	43.8	40.6	0.42	0.091	0.511	0.55
TOTAL	1124.1	137.3	1261.4	1396.1	16.92	0.792	17.712	22.317

N.B : Les apports liquides sont exprimés en millions de m³ et les apports en suspension en millions de tonnes.

2. Dans le tableau 2 , le déficit de débit liquide observé en été à Sidi Bel Atar, par rapport à la somme Djidiouia + Relizane peut résulter de l'imprécision de l'étalonnage de basses eaux de Djidiouia et des dérivations du barrage de Relizane.

3. Analyses des données.

3-1. Valeurs annuelles observées:

Les apports liquides et solides mesurés à Sidi Bel Atar depuis 1968 sont les suivants :

TABLEAU N° 3

ANNEE	APPORTS LIQUIDES		APPORTS SOLIDES en Millions de tonnes	
	en Hm3	Période de retour (d'après Toran)	Mesurés	Corrigés (+25 %)
1968/1969	948	--	13,8	17,3
1969/1970	2020	7,7 ans	57,7	72,1
1970/1971	855	--	20,2	25,3
1971/1972	2649	17 ans	74,5	93,1
1972/1973	1233	2,6 ans	13,7	17,1
1973/1974	1425	3,4 ans	22,4	28
Total	9130		202,3	252,9
Moyenne (68/74)	1521		33,7	42,1
Moyenne Interannuelle	1219 ^(2a) 1310 ^(2b)			39 ^(2c)

..../....

NOTA :

- 1) Les valeurs mesurées ont été majorées de 25 % pour tenir compte du déficit lié à la méthodologie de la mesure.
- 2) 2. a. Moyenne 1946-1960 (14 ans) d'après TORAN.
2. b. Moyenne 1946-1960 et 1968-1974 (20 ans)
2. c. Estimation de TORAN.

Le tableau n° 3 ci-dessus fait apparaître la forte Hydraulicité de la période considérée-

L'apport moyen excède de 300 Hm³ l'apport interannuel estimé par TORAN à 1219 Hm³.

Nous noterons que cette observation est confirmée par les données des barrages :

GHRIB.	214 Hm ³	(68.74)	pour	\bar{A}	= 139 Hm ³	(31 ans)
FODDA.	146 Hm ³	-	-	\bar{A}	= 82 -	(24 ans)
BAKHADDA.	88 Hm ³	-	-	\bar{A}	= 72 -	(35 ans)

Le tableau montre aussi que les apports solides en 6 années ont atteint une valeur minimale de 200 millions de tonnes et plus vraisemblablement de 250 à 300 Millions de tonnes.

3-2. Valeur mensuelles ou périodiques.

Pour mieux analyser l'échantillon de 6 années dont nous disposons et rechercher un outil permettant d'allonger cette série, nous avons étudié d'une part la répartition mensuelle des apports solides et d'autre part l'importance relative des principales crues. (Tableau n° 4)

.../...

TABLEAU N° 4

PRINCIPALES CRUES ENREGISTREES A SIDI BEL ATAR
ENTRE 1968 et 1974.

D A T E S	Débit Max. m ³ /s	Volume 10 ⁶ m ³	Transports 10 ⁶ tonnes	Durée de retour (1)
9 au 17/12/1968	780	21,1	6,345	
30/4 au 2/5/1969	670	6,29	2,252	
27 au 29/10/1969	470	47,6	2,283	
1 au 12/12/1969	819	340,2	16,60	
8 au 13/5/1971	640	211,9	12,73	
28/11 au 5/12/1971	600	160,4	11,17	
9/ au 11/12/1971	438	63,69	5,63	
18/ au 30/01/1972	2376	679,2	28,39	29 ans
24/ au 28/03/1972	1848	248,9	12,20	9 ans
4/ au 8/05/1972	544	107,8	3,07	
14/ au 22/02/1973	580	226,3	4,71	
23/ au 28/04/1973	465	101,9	2,04	
30/03 au 8/04/1974	2200	489,5	13,2	15 ans

(1) d'après l'Etude Hydrologique de TORAN.

Le report en coordonnées rectangulaires arithmétiques des débits solides et liquides mensuels (tableau 1) ou périodiques (tableau 4), montre une assez forte dispersion (Voir le graphique 1 ci-après) comme il fallait s'y attendre.

Mais un examen plus détaillé montre que les points peuvent être séparés en deux groupes : ceux qui correspondent aux mois de Février, Mars, Avril (marqué P sur le graphique) et les autres- Les trois mois cités correspondent généralement à une période de saturation maximale des sols, à une forte végétation et à des précipitations intenses mais moins agressives que les orages d'été ou d'automne. Manifestement le printemps correspond à une période d'Erosion moins intense au niveau des versants. Cette constatation est absolument générale pour toutes les stations d'Algérie. Nous assimilerons à ce type des mois comme Janvier 1970 et Mai 1972 qui sont précédés de mois très humides.

Inversement un mois comme Mai 1971 appartient au même groupe que les mois d'Automne.

Nous avons ainsi établi deux droites de corrélation :

-Relation 1 = Septembre à Décembre.
 $TS = 0,042 V - 0,8$ pour $V > 20 \text{ Hm}^3$

-Relation 2 = Février, Mars, Avril.
 $TS = 0,028 V - 2,2$ pour $V > 80 \text{ Hm}^3$

Pour Janvier et Mai, on a appliqué l'une ou l'autre des deux relations suivant l'hydraulicité du mois précédent.

3.3 Estimation de l'apport interannuel.

Les deux relations nous ont permis de dresser le tableau 5 de la page ci-après, à partir des apports mensuels mesurés à Sidi Bel Atar entre 1946 et 1960 (Voir 5.1 Etude TORAN page II.44).

.../...

RELATION ENTRE LES VOLUMES ECOULES ET LES TRANSPORTS EN SUSPENSION CORRESPONDANTS

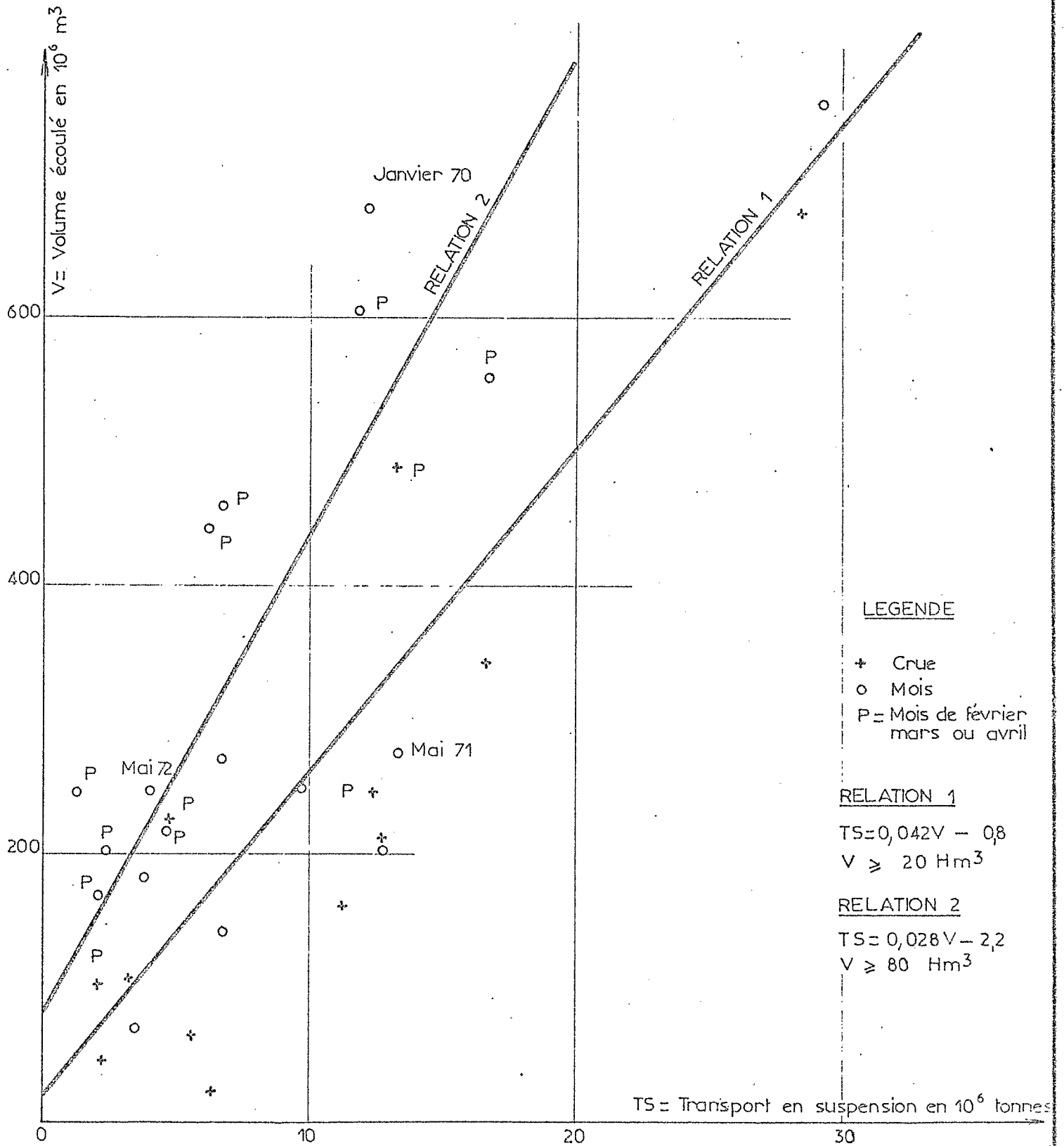


TABLEAU N° 5:

APPORTS SOLIDES MENSUELS A SIDI BEL ATAR - 1946-1960. (VALEURS CALCULÉES)

ANNEE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	TOTAL
1946/47	0	0	0	3.3	1.5	10.0	0	0	0	0	0	0	14.8
47/48	0	0	0	13.4	13.6	6.4	4.6	0.4	0.8	0	0	0	39.2
48/49	0	1.7	0.3	0	5.7	0	0	0	5.5	0	0	0	15.9
49/50	0	0	0	0.7	4.1	0.5	0.5	0.5	1	0.7	0.4	0.4	15.1
50/51	4.5	8.6	0.9	12.7	10.2	13.4	9.2	1.0	0.8	0	0	0	61.3
51/52	0	22.8	10.6	3.2	15.9	8.4	0	3.3	3.2	0	0	0	67.4
52/53	0.1	0.7	0.6	1.7	6.7	0	3.7	0.5	0.5	0	0	0	14.5
53/54	2.3	7.1	3.2	0	3.0	11.0	4.1	18.2	0	0	0	0	48.9
54/55	0	0	0.4	0	19.4	7.8	6.0	2.6	2.0	0.2	0	0	38.4
55/56	0	0	1.5	1.3	2.4	9.0	3.6	1.6	0.5	0	0	0	19.9
56/57	0.6	1.7	2.2	2.2	2.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	11.1
57/58	1.5	8.1	11.5	12.3	11.2	0.5	0	0	0	0	0	0	45.1
58/59	0	0	2.5	8.9	0.2	1.3	0.5	0	3.8	0.3	0	0	17.5
59/60	0.1	2.7	9.7	17.0	6.3	5.1	2.3	2.5	1.5	1.0	0	0	48.2
Moyenne													32.7

Ces apports solides sont déduits des apports liquides par les relations 1 et 2 du graphique 1.

-8-

Nous obtenons une nouvelle série d'apports solides de 14 années dont la moyenne brute est de 32.7 Millions de tonnes. et la valeur corrigée 41 Millions de tonnes.

Les relations 1 et 2 ne conduisent certainement pas à une surestimation des apports solides: on peut mettre en doute la valeur des apports mensuels de la période 46/60, basés sur des étalonnages douteux. Mais ces étalonnages sont surtout discutables pour les basses eaux peu concernées par notre calcul.

REMARQUE:

Il peut sembler anormal que la période récente, de forte hydraulité, soit normale en apports solides. Ceci nous paraît justifié par :

- La faiblesse de la liaison apports liquides- apports solides et l'importance essentielle des crues, même peu importantes (Voir tableau 4 - Crue de Mai 1971).

- La faiblesse des mois d'Automne de la période 1968/1974. et à l'inverse l'importance des mois de printemps - répartition très défavorable aux transports solides.

La série complète de 20 années (1946-1960 et 1968-1974) possède les valeurs caractéristiques suivantes :

	Valeur brute (M.tonnes)	Valeur corrigée (x 1,25) (M. tonnes)
Moyenne	33	41
Médiane	21	26
Decennale Séche	12	15
Decennale Humide	60	75

.../...

Nous retiendrons en définitive un apport solide moyen interannuel actuel de 40 millions de tonnes .

3.4 Repartition des apports en suspension entre le Cheliff et la Mina.

Les mesures faites depuis 1972 à Djidiouia et Relizane amont (tableau 2) permettent d'avoir une idée de la contribution de chacun des deux oueds.

- Pour les deux périodes disponibles, 80 % à peu près du transport aval a été mesuré aux deux stations amont. Ce qui signifie que 20 % provient du bassin intermédiaire: nous pensons que la plus grande partie résulte des sapements de berge et de l'Erosion du lit, car entre Février 1973 et Juin 1974 les puies ont été déficitaires dans cette région. Nous noterons qu'une part non négligeable de ces sapements de berge sera éliminée par la mise en eau de la retenue.

- Les apports de la Mina apparaissent très faibles tant du point de vue liquide que solide (crue maximale enregistrée à Oued El Abtal durant cette période = 59 m³/s).

La deficiance apparente de la Mina n'est donc absolument pas significative. Au lieu des 6 % observées durant cette période, il est beaucoup plus logique d'admettre 20 à 25 % pour la contribution de la Mina. L'apport solide enregistré à Sidi Bel Atar se decomposerait donc comme suit:

- Cheliff à Djidiouia	60 % soit	24 10 ⁶ tonnes.
- Mina à Relizane Amont	20 % soit	8 10 ⁶ tonnes.
- Bassin intermédiaire (sapements de berge surtout)	20 % soit	8 10 ⁶ tonnes.
Sidi Bel Atar	100 % soit	40 10 ⁶ tonnes.

Ces valeurs pourront être précisées dès que la partie avale du bassin du Cheliff recevra des précipitations suffisantes - ce qui n'a pas été le cas depuis Février 1973.

.../...

4. Evolution dans l'Avenir avec l'aménagement du bassin du Cheliff- Conclusions.

Il est très difficile de faire une analyse futuriste dans le domaine des transports solides.

Il est prévu deux types d'aménagements susceptibles de limiter les transports solides du Cheliff : les barrages- Réservoirs d'une part , le reboisement et travaux de restauration des sols d'autre part.

Nous ne pensons pas que les barrages du haut Cheliff, en construction comme le Deurdeur ou en projet comme Harezza, aient une influence sensible sur les transports à l'aval, pour de multiples raisons: bassins de superficie réduite, grande distance jusqu'à l'embouchure, etc...

La mise en service de Sidi Mohammed Ben Aouda. devrait réduire les apports de $1,2 \cdot 10^6$ tonnes par an en moyenne si l'on admet la valeur retenue, de 2 à $2,5 \cdot 10^6$ tonnes suivant notre propre estimation ($8 \cdot 10^6$ tonnes à Relizane amont).

Les barrages les plus efficaces concerneraient les Oueds Rhiou (Djebel Gargar) et Djidiouia. mais leur construction n'est pas actuellement programmée (à noter que leur efficacité se ferait au détriment de leur propre survie !) . Il est en effet certain que ces deux oueds sont actuellement les plus forts tributaires du Cheliff dans ce domaine des suspensions solides.

Les travaux de reboisement et D.R.S - qui doivent à notre sens couvrir en priorité les bassins du Rhiou et du Djidiouia - auront une influence sans doute très sensible mais qu'il est très difficile de chiffrer. Il n'est pas impossible qu'ils puissent réduire progressivement les apports de moitié pour les bassins traités.

.../...

Notons que ces travaux ne concernent que l'érosion des versants et non la dynamique du lit, très importante dans les basses vallées. On peut espérer après une dizaine d'années une réduction de l'ordre de $5 \cdot 10^6$ tonnes à Djidiouia.

Il en résulterait une réduction globale à Sidi Bel Atar de $7,5 \cdot 10^6$ tonnes soit un apport moyen de $32,5 \cdot 10^6$ tonnes.

CONCLUSION :

Toutes les valeurs citées dans cette note - données d'observations ou résultats - peuvent paraître très élevées.

Nous pensons que dans le domaine des transports solides en Afrique du Nord, la tendance a toujours été vers une sous estimation quelquefois énorme - de leur importance. Nous souhaitons pour l'existence future de la retenue de Bas Cheliff que la valeur de 40 Millions de tonnes que nous avons retenue dans l'état actuel du bassin, ne soit pas elle aussi sous estimée.

5. Documents consultés :

- 5.1 : Etude Hydrologique du Bas Cheliff par TORAN et Cie. SL Février 1972.
- 5.2 : Note Hydrologique concernant le Transport solide de l'oued Cheliff-
Note D.E.M.R.H n° 01.36.02/013/NT/SHYL. par A.SJOBERG -Mars 1973.

000000000000000000000000