

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ENVASEMENT DU BARRAGE D'IRIL-EMDA (KHERRATA)

par

D.Boudjemline ; K.Zemouri et A.Mechouche

Avec 11 figures et 10 tableaux

Résumé : de nombreuses données pluvio-hydrométriques et de turbidité de l'oued-Agrioun ont été accumulées pendant la période 1949-1952. A partir de 1953, date de construction du barrage, seuls les apports liquides et les densités des soutirages sont suivis régulièrement. Des campagnes de mesure de l'envasement du barrage ont été effectuées de façon continue (1953 à 1958), puis épisodiquement (1974 ; 1981 et 1984).

Toutes ces données ont permis de mettre au point des relations fonctionnelles entre les différentes variables à expliquer (turbidité, débits solides) et explicatives (pluviosité, apport liquide, temps). Ces relations ont été établies en vue d'une meilleure compréhension des processus de transport solide et de sédimentation. Le calage des modèles établis sur les résultats des campagnes d'envasement a permis une meilleure approche de la composante "charriage de fond". L'influence de la saison aussi bien sur les apports solides en suspension que sur le charriage de fond est mise en évidence.

Le transport solide spécifique moyen annuel varie entre 4000 et 6000 t/km²/an, soit une moyenne de 5000 t/km²/an. L'apport solide en suspension est important en année sèche (70%), mais le charriage peut atteindre 60% lors des épisodes les plus humides.

Introduction : l'érosion hydrique est un phénomène complexe, très répandu en zone méditerranéenne, touchant particulièrement les pays du maghreb dont il menace gravement les potentialités en eau et en sol.

-Une lithologie favorable à la dégradation (75% des formations affleurantes sont de type marne et argile).

-Un climat de type méditerranéen caractérisé par l'irrégularité et l'agressivité des pluies.

-Un couvert végétal pratiquement inexistant.

-Des pratiques culturales à dominante céréalière laissant le sol nu pendant la saison des pluies... sont autant de facteurs favorables au déclenchement des processus érosifs au niveau du bassin versant de l'Agrioun.

L'une des conséquences les plus spectaculaires et les plus dramatiques à la fois du phénomène "érosion" au niveau du bassin versant de l'Agrioun, est sans doute, l'envasement de la retenue d'Iril-Emda à Kherrata.

Ce travail a fait l'objet d'un mémoire d'ingénieur et effectué sous ma responsabilité par K. Zemouri et A. Mechouche.

Cadre géographique : la retenue d'Iril-Emda à Kherrata, pièce maîtresse de l'aménagement hydro-électrique de l'oued Agrioun, est située en Kabylie des Babors (fig 1). Elle draine un bassin versant de 652 km² de surface et peut accumuler jusqu'à 155 Mm³ d'eau. Le barrage d'Iril-Emda est installé au confluent des deux oueds principaux (oued Berd et oued Embarek) dont la jonction forme l'oued Agrioun ; il est du type barrage poids, en enrochement, dont le noyau est constitué d'un massif en béton.

Morphométrie : l'analyse morphométrique des deux sous-bassins (Berd et Embarek) puis de l'ensemble du bassin versant de l'Agrioun montre (tableaux A et B) que le bassin versant de l'Agrioun est bien constitué. Les valeurs élevées du coefficient de compacité traduisent l'allongement aussi bien des deux sous-bassins que de l'ensemble du bassin versant, d'où la prédominance d'une érosion régressive ou l'existence de conditions structurales entraînant une érosion linéaire. Les fortes valeurs de la densité de drainage (13 km/km²) et de l'indice des pentes (0.12) indiquent un bassin imperméable où l'écoulement de surface est prédominant. La courbe hypsométrique (fig 2) montre que le bassin est dans un état de vieillesse, donc assez dégradé.

Pluviométrie : La pluie étant la cause première du phénomène "érosion" grâce à son double effet :

1- Détachabilité des particules solides grâce à l'énergie cinétique des gouttes de pluie (Roose, 1980 ; Valentin, 1981; Boudjemline, 1987).

2- Le transport des particules solides grâce au ruissellement que la pluie engendre (Roose, 1980).

L'analyse à l'échelle du bassin versant (trois postes pluviométriques seulement) montre :

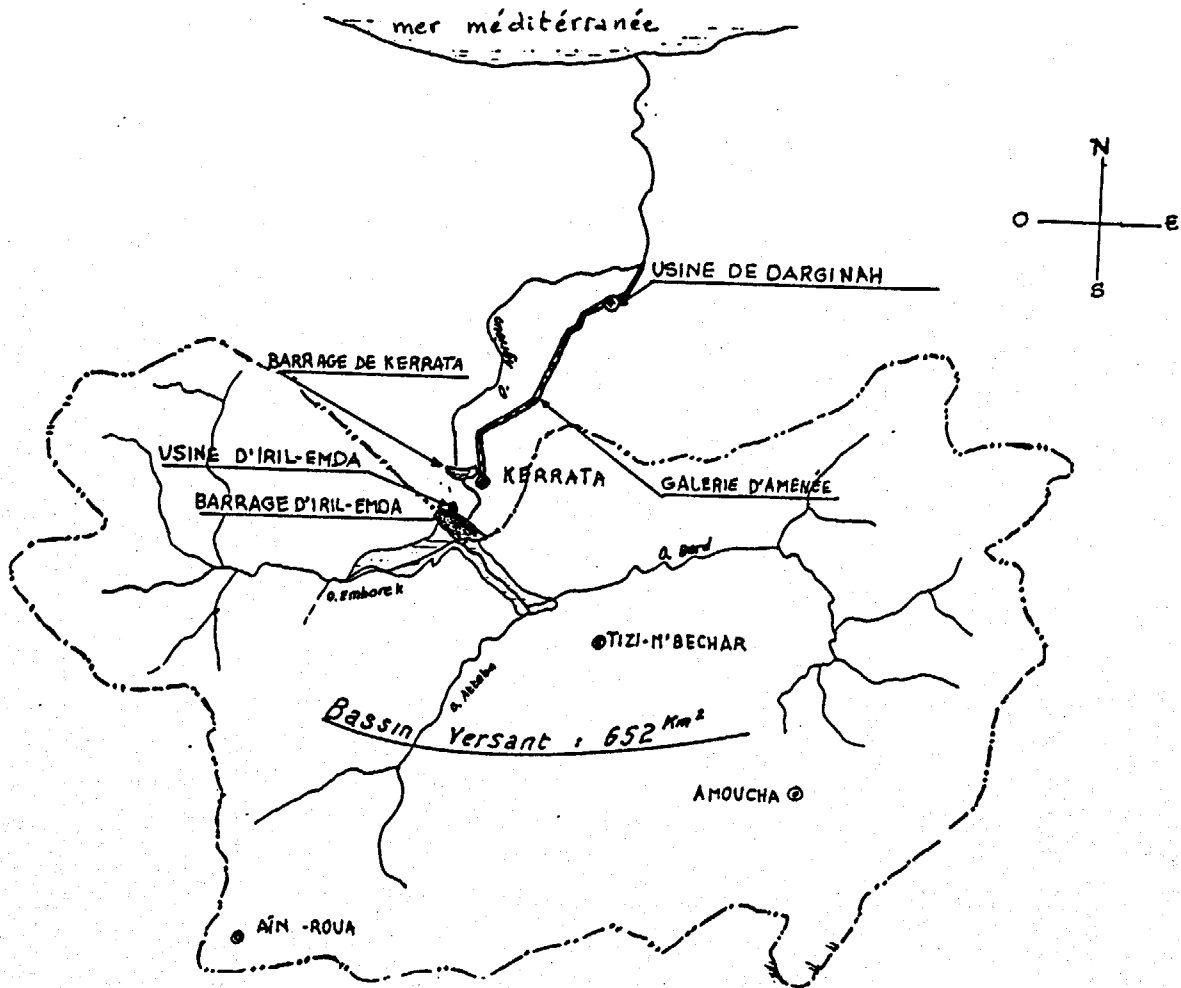


Fig 1 : Plan de situation au 1/200.000.

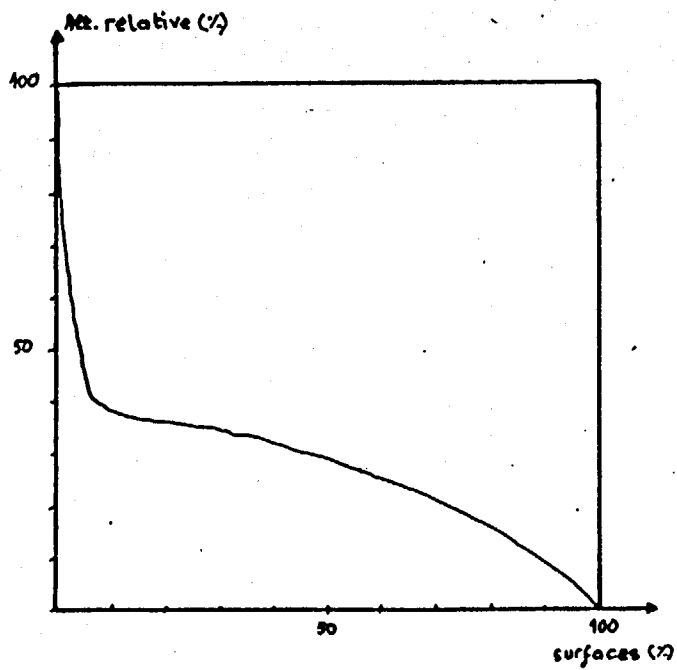


Fig 2 : Courbe hypsométrique du bassin versant.

* Une irrégularité inter-annuelle (fig 3) .

* Une pluie moyenne annuelle $P = 700$ mm .

L'ajustement à la loi log-normale est satisfaisant ; le test du chi-carré le confirme au seuil de 95%, avec $\log p = 2.80 + 0.13 u$. Où :

P : pluie moyenne annuelle .

U : variable réduite de Gauss .

Les pluies moyennes annuelles sont :

Pluie décennale : 970 mm .

Pluie cinquantennale ; 1220 mm .

Pluie centennale : 1327 mm .

Seulement 40% de la pluie incidente arrive au barrage, les 60% restants représentent les pertes par infiltration profonde (dans les calcaires) et surtout l'évaporation .

Les apports liquides au barrage montrent (fig 4) une forte variabilité inter-annuelle, calquée sur celle des précipitations.

Comme pour les précipitations, les apports liquides s'ajustent de façon satisfaisante (conformité du test du chi-carré) sur la loi log-normale, avec :

$\log ALQ = 8.20 + 0.22 u$. Où :

ALQ : apports liquides annuels .

U : variable réduite de Gauss .

Les apports liquides fréquentiels sont :

Apport liquide décennal : 298.953.746 m³ .

Apport liquide cinquantennal : 442.985.999 m³ .

Apport liquide centennal : 511.086.018 m³ .

Relation pluie - apports liquides : La relation pluie - apports liquides aboutit à un modèle de régression adéquat au seuil de 95% (d'après le test de Fisher), avec :

$$ALQ = 0.44 p + 31.7 ; \text{ et } r = 0.73 \text{ (fig 5) .}$$

La valeur moyenne du coefficient de corrélation laisse penser que la pluie n'est pas la seule variable explicative des apports liquides .

Les apports liquides ont véhiculé au barrage des matières solides (matières en suspension et charriage de fond) qui se sont sédimentés au fond de la retenue .

Des campagnes de mesure ou de quantification de la sédimentation ont été effectuées de façon continue au début puis espacée par la suite . Le matériel utilisé est l'écho-sondeur à ultra son dont le principe est de relever la topographie du fond de la cuvette le long de profils transversaux . Le principe de la méthode, l'appareillage et le dépouillement des données est largement décrit dans la littérature (Claude et Chartier, 1977) . Les résultats des différentes campagnes (tableau C) montrent que :

* Le volume total de l'envasement (période 1953-1984) s'élève à 45.657.458 m³, soit 29.5% de la capacité totale du barrage .

* Le taux de comblement de la retenue est de 0.95% par an, ce qui donne à l'ouvrage une espérance de vie de 105 ans .

L'évolution temporelle de la sédimentation (fig 6) montre que cette dernière varie quasi-linéairement avec le temps .

La régression entre les volumes de vase déposée et le temps est de la forme :

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 1.481.541 T \text{ (année)} + 1.498.538 ; r = 0.99 .$$

Cette relation ne peut néanmoins à elle seule, prévoir les volumes d'envasement . En effet, les apports en matériaux solides au barrage dépendent non seulement du temps, mais aussi de l'importance des apports liquides, seuls véhicules des transports solides .

A l'échelle des sous-bassins (tableau D), la branche de l'oued Berd semble plus soumise à l'envasement (40%), contre seulement 18% pour la branche de Oued Embarek . Mais en envasement spécifique, il semble qu'il y ait plus d'exportation de matières solides du sous-bassin de l'oued Embarek (2800 à 3300 m³/km²/an) par rapport au sous-bassin de l'oued Berd (2000 à 2300 m³/km²/an) .

Les matériaux exportés du bassin versant ne sont pas seulement ceux déposés dans le fond de la retenue ; il faudra tenir compte de ceux exportés en dehors du barrage par soutirage lors des crues importantes . En effet, les exportations par soutirage atteignent en moyenne et par an 1.487.000 m³, soit presque autant que ce qui se dépose annuellement dans la retenue . Ainsi, jusqu'à 1984 (date de la dernière campagne de mesures), le volume de vase soutirée serait de 43.116.106 m³, soit autant que la vase déposée (45.657.458 m³) .

Le détail des exportations s'effectuerait comme suit :

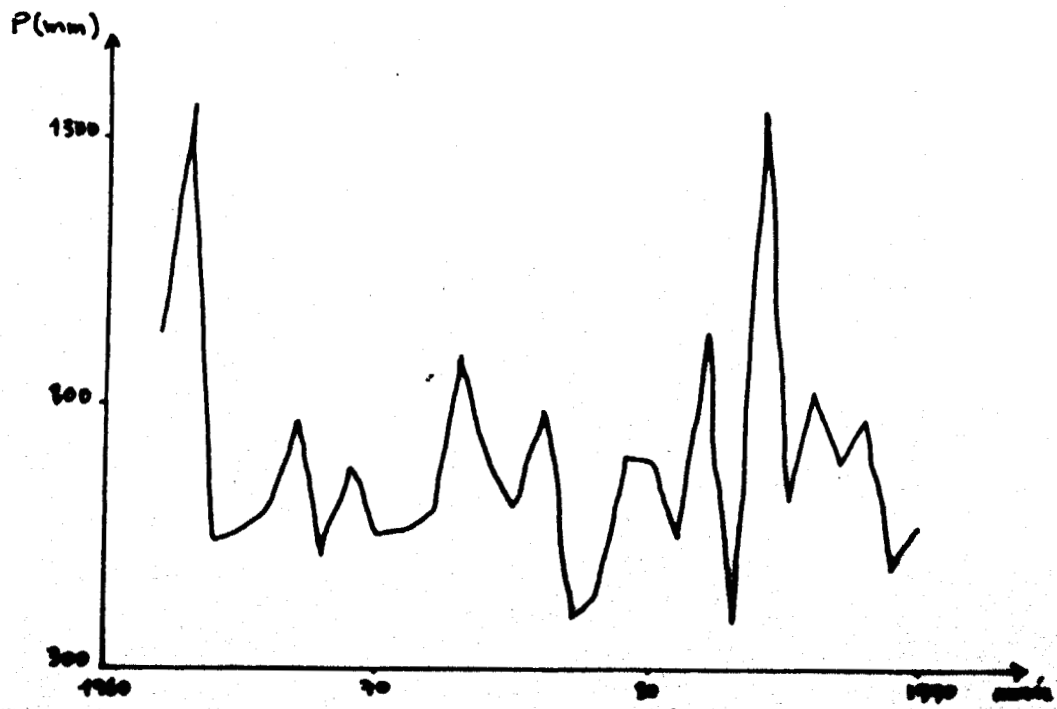


Fig 3 : Evolution temporelle de la lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant.

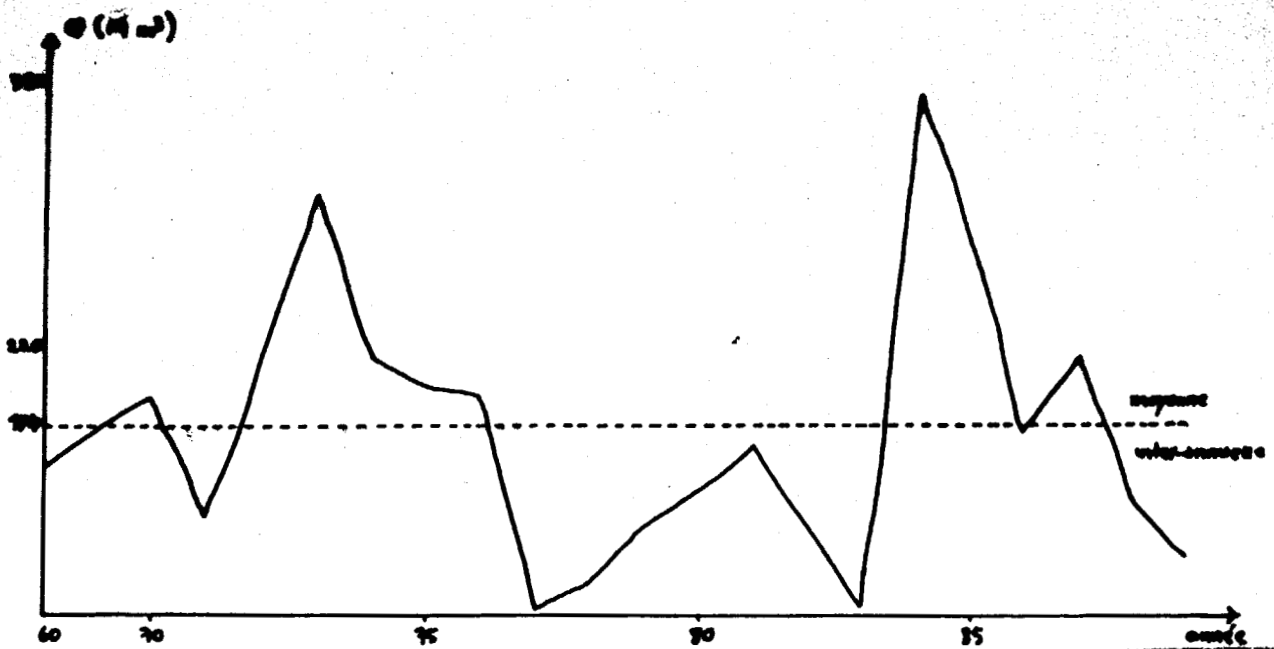


Fig 4 : Evolution temporelle des apports liquides annuels.

Tableau A : Caractéristiques de forme du bassin versant.

Bassin	A KM ²	P KM	K _C	I _p	I _D	Classe du relief	L ₁ (Km)	L ₂ (km)
O. Berd	343	78	1.18	0.195	0.362	Très fort	25.66	13.35
O. Attaba	152	53.7	1.22	0.213	0.490	"	18.75	8.10
M. Abrek	157	52.3	1.17	0.189	0.450	"	16.87	9.30
Agrion	652	120,6	1.41	0.126	0.162	"	51.67	12.63

Tableau B : Caractéristiques du réseau hydrographique.

Bassin	Ordre	Nombre	Longueur Km	R _c	R _{cm}	D _d Km/Km ²	F Km ⁻¹	CT
O. B E R D	1	3400	3060	3,74				
	2	907	1450	3,53				
	3	164	164	3,9				
	4	42	105	5,25	3,71	14	13	138
	5	8	57	4				
	6	2	11	2				
	7	1	18	-				
O. A T T E B A K	1	1410	1270	4,4				
	2	320	512	5,24				
	3	61	61	5,54	5	12	12	111,3
	4	11	27	5,5				
	5	2	10	2				
	6	1	8,3	-				
O. E M B A R E	1	1230	1107	3,14				
	2	391	626	5,58				
	3	70	70	4,66				
	4	15	38	2,5	3,38	12	11	94
	5	6	20	6				
	6	1	7	-				
O. A G R I O U N	1	6040	5437	3,73				
	2	1618	2588	5,48				
	3	295	295	4,33				
	4	68	170	4,25	6,5	13	12	120,4
	5	16	87	4				
	6	4	26,3	4				
	7	1	18	-				

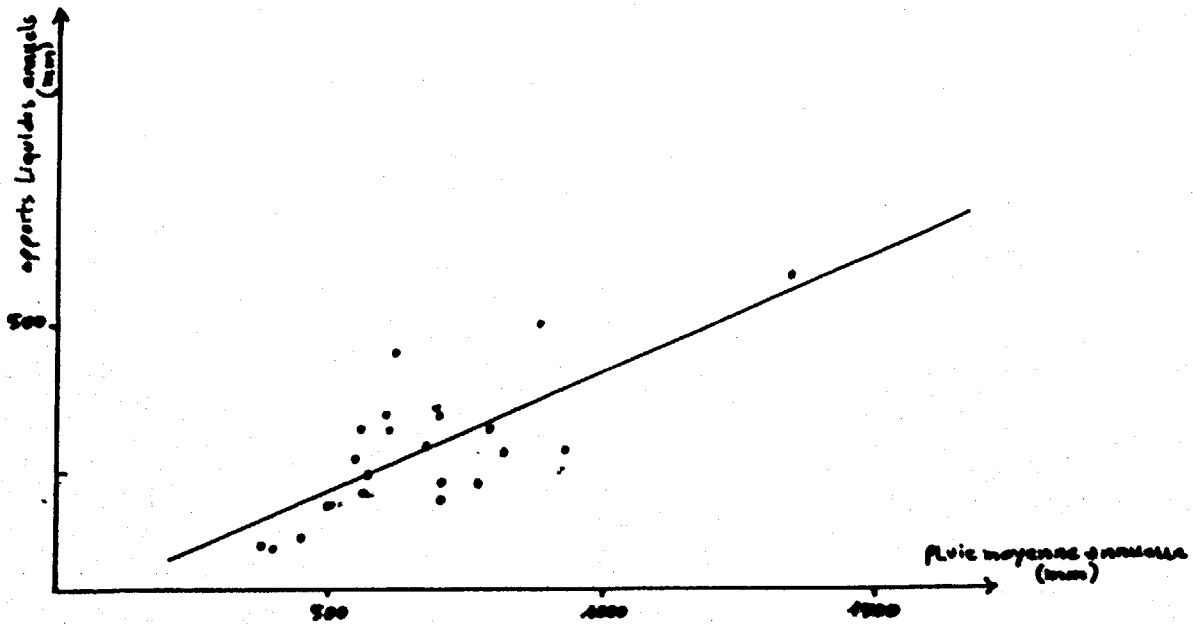


Fig 5 : Relation pluie-débit.

Tableau C : Résultats des mesures de l'envasement.

date	perte de capacité cumulée (m ³)	capacité résiduelle (m ³)
sep 53	—	154.783.800
sep 54	2.788.030	151.995.770
juin 55	3.405.398	151.378.402
juin 56	6.141.916	148.641.884
juin 57	5.979.258	148.804.542
juin 58	10.692.429	144.091.371
Aout 74	34.893.800	119.890.000
Juillet 81	43.176.461	111.607.339
Juillet 84	45.657.458	109.126.342
	Envasement en %	Vitesse de sédimentation en .3/an
53	0	0
54	1.80	2.788.000
55	2.20	617.368
56	4.00	2.736.518
58	6.90	2.275.257
74	22.50	1.512.585
81	26.00	1.183.237
84	29.50	816.999

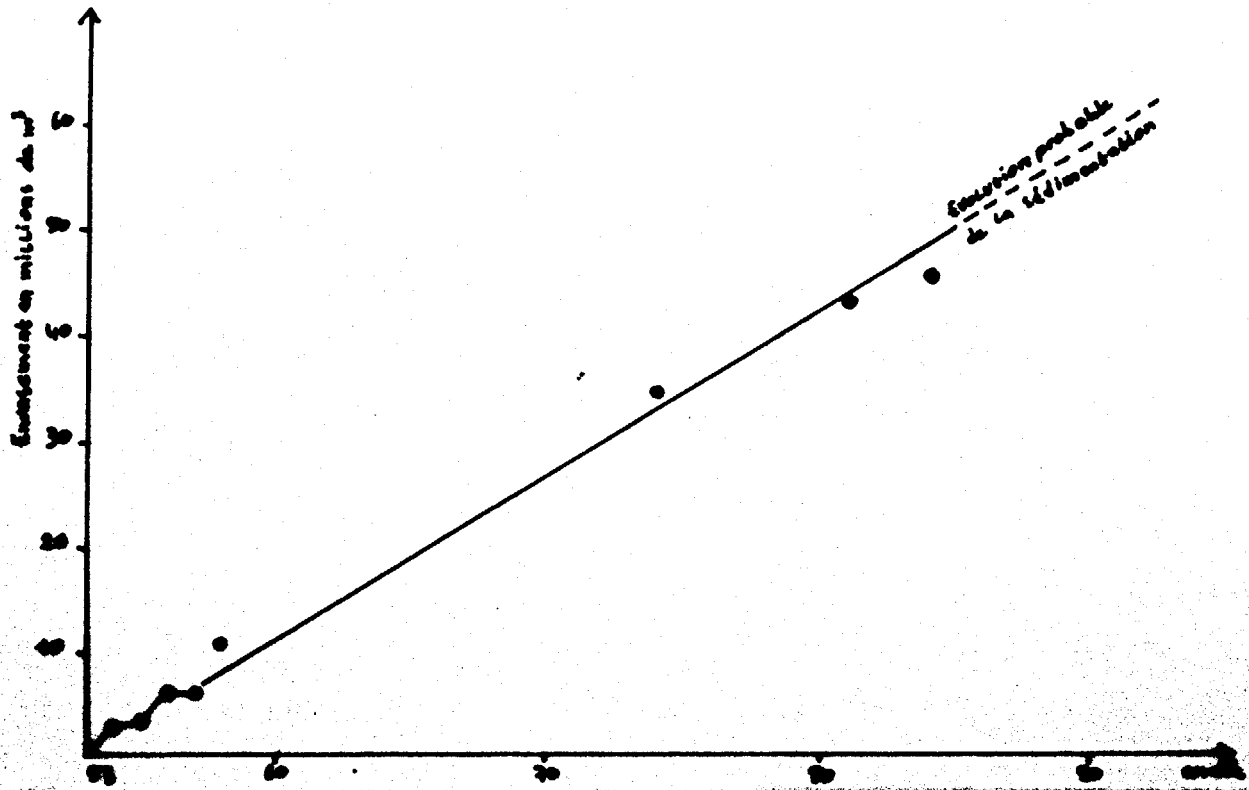


Fig 6 : Evolution temporelle de la sédimentation.

Tableau D : Envasement à l'échelle des sous-bassins.

	Branche Ouod-Bard SBV=490 Km ²	Branche de l'ouod-Babarek SBV = 157 Km ²
Capacité comptée à partir du profil 0 (M ³)	78,7	76,0
Invasement en M ³ 4% % d'envasement	74	74
	23,70 ; 30,11 %	11,10 ; 14,60 %
	8	8
	30,27 ; 38,46 %	12,90 ; 16,97 %
	84	84
	31,89 ; 40,26 %	13,96 ; 18,36 %
Envasement spécifique moyen annuel m ³ /Km ² /an	74	74
	2302	3367
	81	81
	2206	2934
	84	84
	2086	2868

- * Envasement de la retenue : 45.657.458 m³.
- * Evacuation par soutirage : 43.116.106 m³.
- * Total des apports solides : 88.773.564 m³.

Sachant que 1 m³ de vase de densité apparente D A = 1.6 et de densité réelle D R = 2.5, contient une tonne (1t) de matières solides sèches (Duquenois, 1955), les exportations solides du bassin versant de l'Agrioun se chiffrent à 4392 t/km²/an.

Cette sédimentation progressive de la retenue entraîne une diminution croissante de la capacité de stockage en eau du barrage, diminution traduite par les courbes de capacité (fig 7)

Mesure et prévision des transports solides : les premières mesures des matières solides en suspension (turbidité) au niveau de l'oued Agrioun (à 200 m à l'aval de l'emplacement actuel de la digue) ont débuté en 1949. Ces mesures ont été interrompues après la construction du barrage, c'est à dire dès 1953. Durant cette période, de nombreuses données ont été récoltées. Les débits solides sont déterminés d'après l'organigramme ci-dessous (fig 8).

Prévision et modélisation : il existe plusieurs formules empiriques ou semi-empiriques de prévision des transports solides parmi lesquelles on distingue :

• **La formule de Fournier :**

$$T_a = 1/36 (p_m / p_a) 2.65 (H^2 / S) 0.46 .$$

Où :

- T_a : apport solide spécifique moyen annuel (t/km²/an).
- p_m : pluie moyenne mensuelle des mois les plus arrosés (mm).
- p_a : pluie moyenne annuelle (mm).
- H : dénivellée du bassin (m).
- S : surface du bassin (km²).

• **La formule de l'ANRH : (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques)**

$$T_{ss} = 26.62 IL + 5.07 IP + 9.77 CT - 593.59 ,$$

où :

- T_{ss} : transport solide spécifique moyen annuel (t/km²/an).
 - IL : indice lithologique (%).
 - IP : indice des précipitations (%).
 - CT : coefficient de torrencialité = Dd . F1 .
 - Dd : densité de drainage (km/km²).
 - F1 : fréquence des thalwegs élémentaires.
- Les conditions d'application de cette formule sont :
- IL > 10% .
 - p_m > 300 mm

Modélisation :

Recherche de relations entre la pluviosité (P) et les débits liquides (Q) : Ces relations peuvent servir de base pour :

- * Le comblement des lacunes d'observation .
- * L'évaluation des apports liquides au barrage à différents pas de temps .
- * La contribution du bassin-versant à l'alimentation du barrage .

Les relations sont établies à l'échelle du débit liquide moyen mensuel et des précipitations moyennes mensuelles .

Les résultats (tableau E) sont établis à partir d'ajustements de droites par la méthode des moindres carrés .

Ainsi, en raisonnant sur trois périodes (P1 : de septembre à décembre ; P2 : de janvier à avril ; P3 : de mai à août), des résultats acceptables ont été mis en évidence (fig 9) . Mais à l'échelle annuelle, aucune tendance ne se dégage

La fonction P-Q est appelée fonction de production .

La qualité des modèles (tableau E) a été vérifiée par l'approche de l'analyse des variances dont le principe est le test de Fisher 1 .

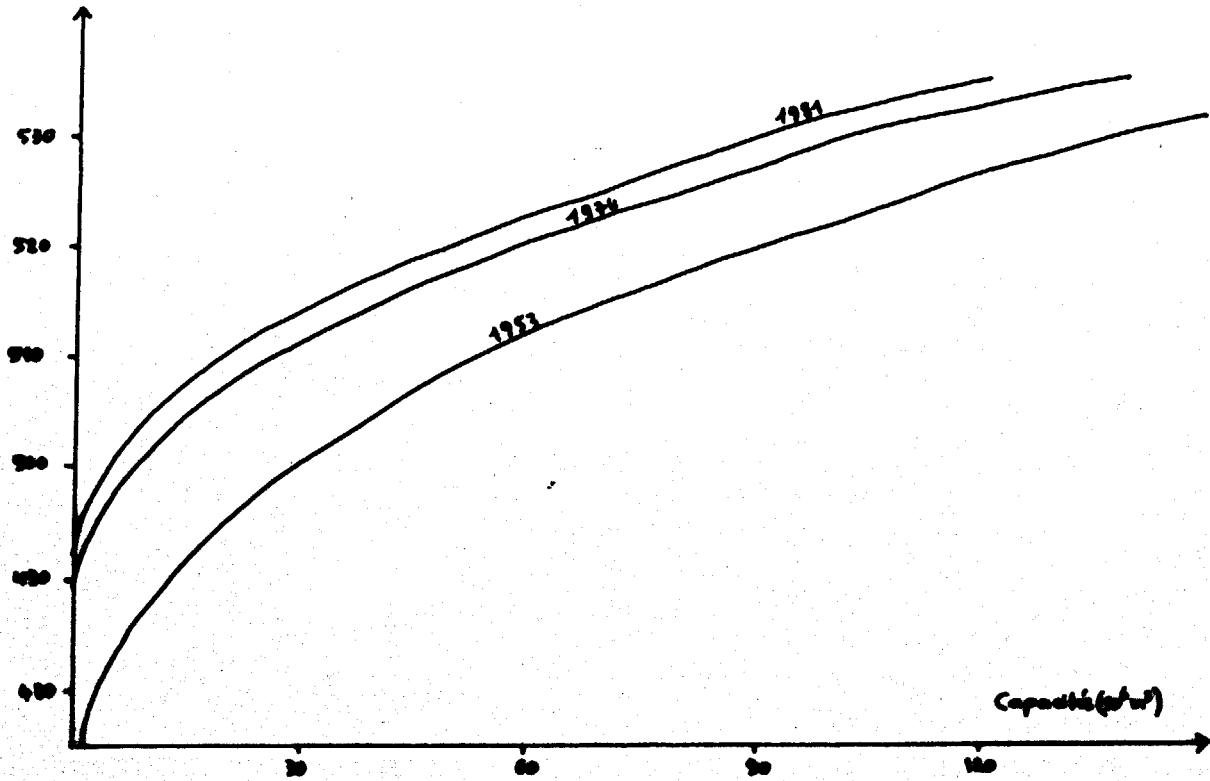


Fig 7 : Courbes de capacité du barrage.

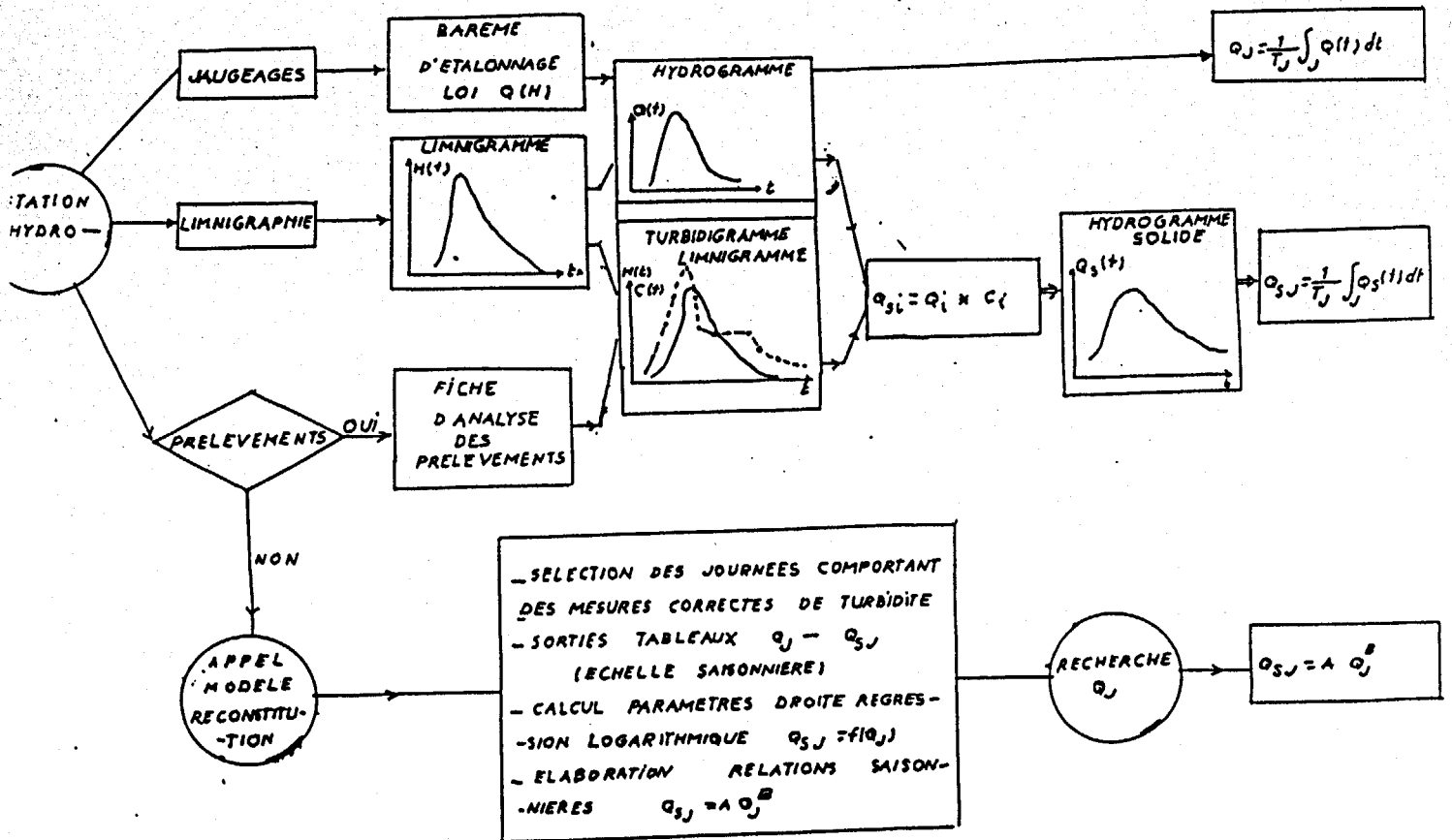


Fig 8 : Détermination d'un débit solide moyen journalier.

Tableau E : Paramètres et mise au point de relations saisonnières entre la pluviométrie et les débits liquides.

SAISONS	NOMBRE DE POINTS	PARAMETRES DE LA DROITE DE REGRESSION LOGARITHMIQUE			COEFFICIENTS DE CORRELATION	MODELES
		Ln A	A	B		
01	12	7,78	2388	1,98	0,88	$Q = 2388 P^{1,98}$
02	12	-11,30	81239	1,44	0,74	$Q = 81239 P^{1,44}$
03	12		3662833	291028	0,66	$Q = 3662833 + 291028 P$

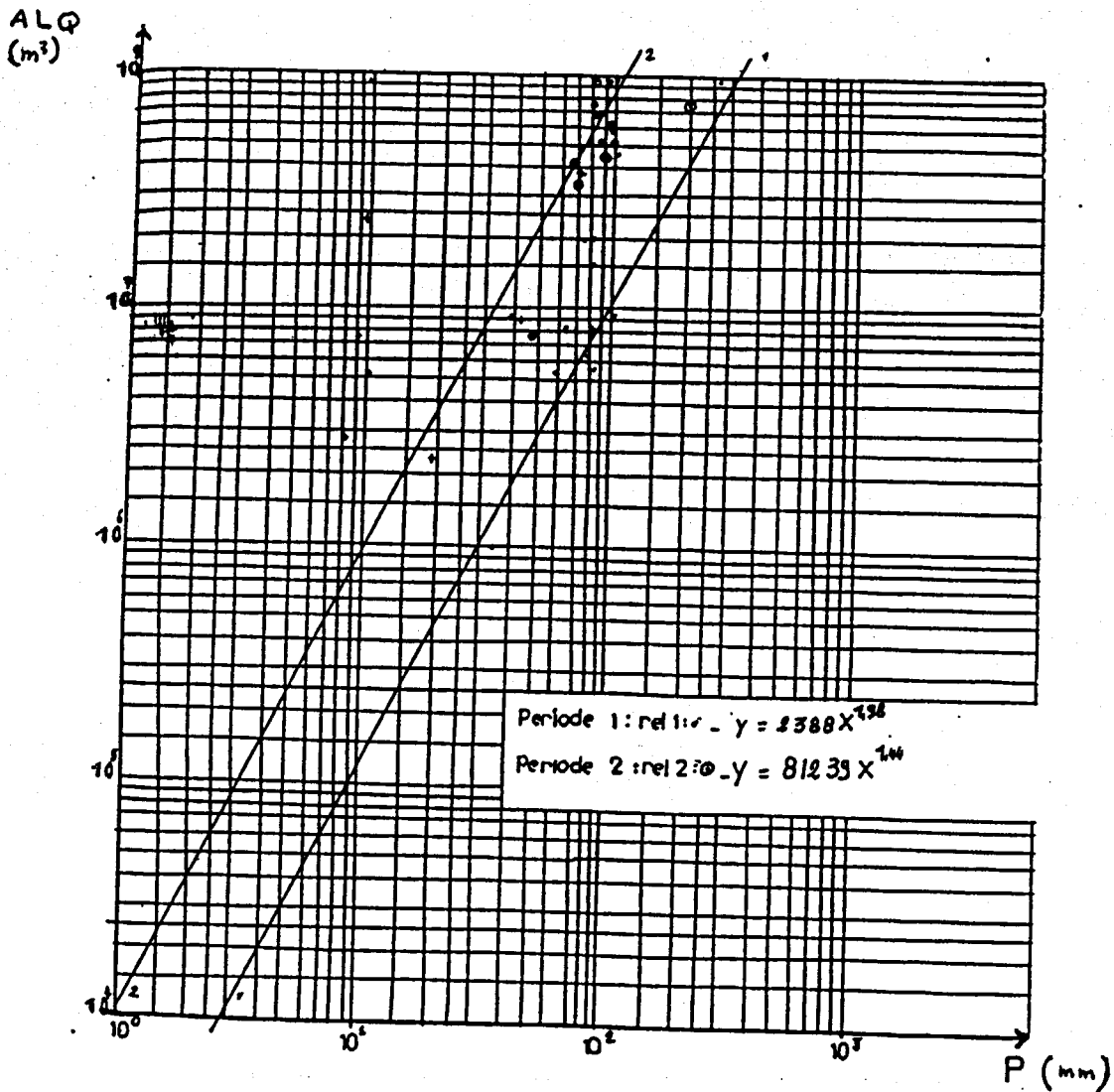


Fig 9 : Relations saisonnières pluie-apport liquide.

Recherche de relations entre la turbidité (C) et les débits liquides (Q) : En terme de variabilité, les deux variables (C et Q) ont des comportements très différents : les débits (Q) réagissent fortement aux averses et crues alors que les concentrations (C) sont en général tamponnées par tous les processus d'équilibre chimique (Dupraz, 1984) et des influences saisonnières. Les méthodes stochastiques considèrent les concentrations comme des variables aléatoires.

Comme pour les relations P-Q, il a fallu faire appel à des modèles saisonniers (tableau F) pour aboutir à des résultats acceptables (fig 10). La qualité des modèles a été vérifiée par l'approche de l'analyse des variances.

Recherche de relations entre les débits liquides (Q) et les débits solides (Qs) : Ces relations sont établies à l'échelle des débits instantanés enregistrés au cours de chaque journée. Les couples de valeurs (Q-Qs) reportés sur un papier log-log (fig 11) montrent une très forte dispersion. Leur représentation par une droite conduit nécessairement à une simplification du problème.

Compte tenu de l'influence saisonnière sur le phénomène des transports solides, nous avons naturellement cherché à établir des relations saisonnières. Les périodes choisies sont les mêmes que celles utilisées pour les relations précédentes. Les résultats des différentes relations testées sont consignés dans le tableau G.

Etude détaillée de la charge solide : Cette étude a pour but d'aboutir à la décomposition de la charge solide globale en :

- * Charge solide en suspension.
- * Charriage de fond.

Les apports solides en suspension sont connus soit à partir de l'échantillonnage, soit à partir d'une reconstitution des données à partir des modèles préétablis.

En calant les résultats des apports solides en suspension sur les résultats des campagnes de mesure de l'envasement et des soutirages, on peut "dégager" la composante "charriage de fond" (tableaux H, I, J).

Interprétation des résultats de la charge solide : A l'échelle annuelle et en période sèche (1981-1984), les apports solides en suspension (70%) sont plus importants que le transport par charriage (30%), (tableaux H, I, J).

A l'inverse, en période humide (1974-1981), le transport par charriage est prépondérant (60% contre 40%).

Ce schéma se retrouve au niveau des années hydrologiques (tableau J). Ces résultats sont logiques et sont à admettre en toute quiétude, car pendant la période sèche, l'apport liquide annuel étant inférieur à l'apport liquide moyen annuel, les crues sont rares et les pluies torrentielles capables de provoquer un ruissellement généralisé sont rares aussi. Ainsi, en période sèche, n'apparaît que l'érosion en nappe. A l'inverse, en période humide, l'apport liquide est riche en crues ; l'agressivité des pluies et la torrencialité du ruissellement contribuent ensemble, avec la pente du terrain, à l'augmentation du transport de fond pour atteindre des proportions énormes vis à vis du transport solide global (Demmak, 1982 ; Djeziri, 1990).

A l'échelle saisonnière - en année sèche et humide - et à l'inverse des apports liquides, la moyenne annuelle durant la période 1 (septembre à décembre) est supérieure à celle de la période 2 (janvier à avril) et par suite à celle de la période 3 (mai à août). Il en résulte que plus on tend vers la période humide, plus les apports en suspension ont tendance à décroître parallèlement à un accroissement du charriage de fond. La période P3 (sèche) prépare le sol à l'érosion, qui aura lieu pendant les périodes P1 et P2.

Les premières pluies de l'automne, souvent torrentielles, arrivant sur un sol sec et dénudé, entraînent avec elles des masses considérables de terre. Il n'est pas rare de voir les oueds (Berd en particulier) rouler des eaux boueuses.

Conclusion : La présente étude a permis de mettre en évidence l'intérêt :

- * d'aborder le problème à l'échelle de l'événement.
- * d'étudier séparément les variables "concentration en matières solides ou suspension" et "ruissellement".
- * d'associer l'analyse des causes fondamentales du transport solide (facteur morphologique) à l'analyse hydrologique.

On montre qu'à l'échelle saisonnière, il existe une relation fonctionnelle entre :

- La lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant et les apports liquides à la retenue.
- Les débits liquides et les débits solides.

Tableau F : Paramètres et mise au point de relations saisonnières entre la turbidité et les débits liquides.

SAISONS	NOMBRE DE POINTS	PARAMETRES DE LA DROITE DE REGRESSION LOGARITHMIQUE			COEFFICIENTS DE CORRELATION	MODÉLES
		LnA	A	B		
01	16	1,95	7,09	0,57	0,70	$C = 7,09 Q^{0,57}$
02	56	0,96	0,38	0,74	0,70	$C = 0,38 Q^{0,74}$
03						

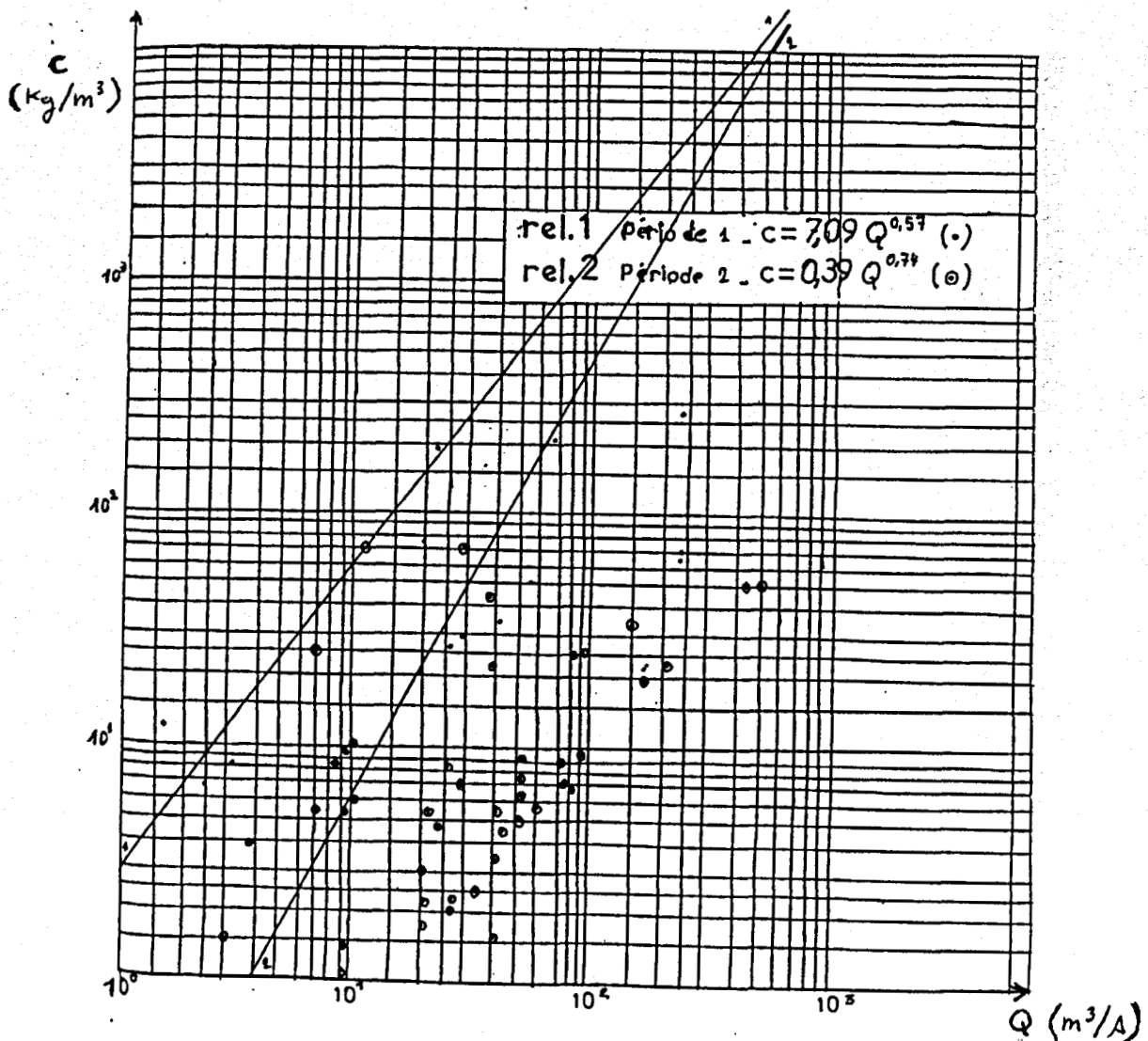


Fig 10 : Relations saisonnières turbidité-débit liquide.

Tableau G : Paramètres et mise au point de relations saisonnières entre les débits solides et les débits liquides.

- 212 -

SAISONS	NOMBRE DE POINTS	PARAMETRES DE LA DROITE DE REGRESSION LOGARITHMIQUE			COEFFICIENTS DE CORRELATION	RELATIONS
		Ln A	A	B		
01	16	2,0	8,19	15	0,94	$Q_s = 8,19 Q_l^{15}$
02	52	1,03	0,35	174	0,89	$Q_s = 0,53 Q_l^{174}$
03	45	1,56	0,21	188	0,77	$Q_s = 0,21 Q_l^{188}$

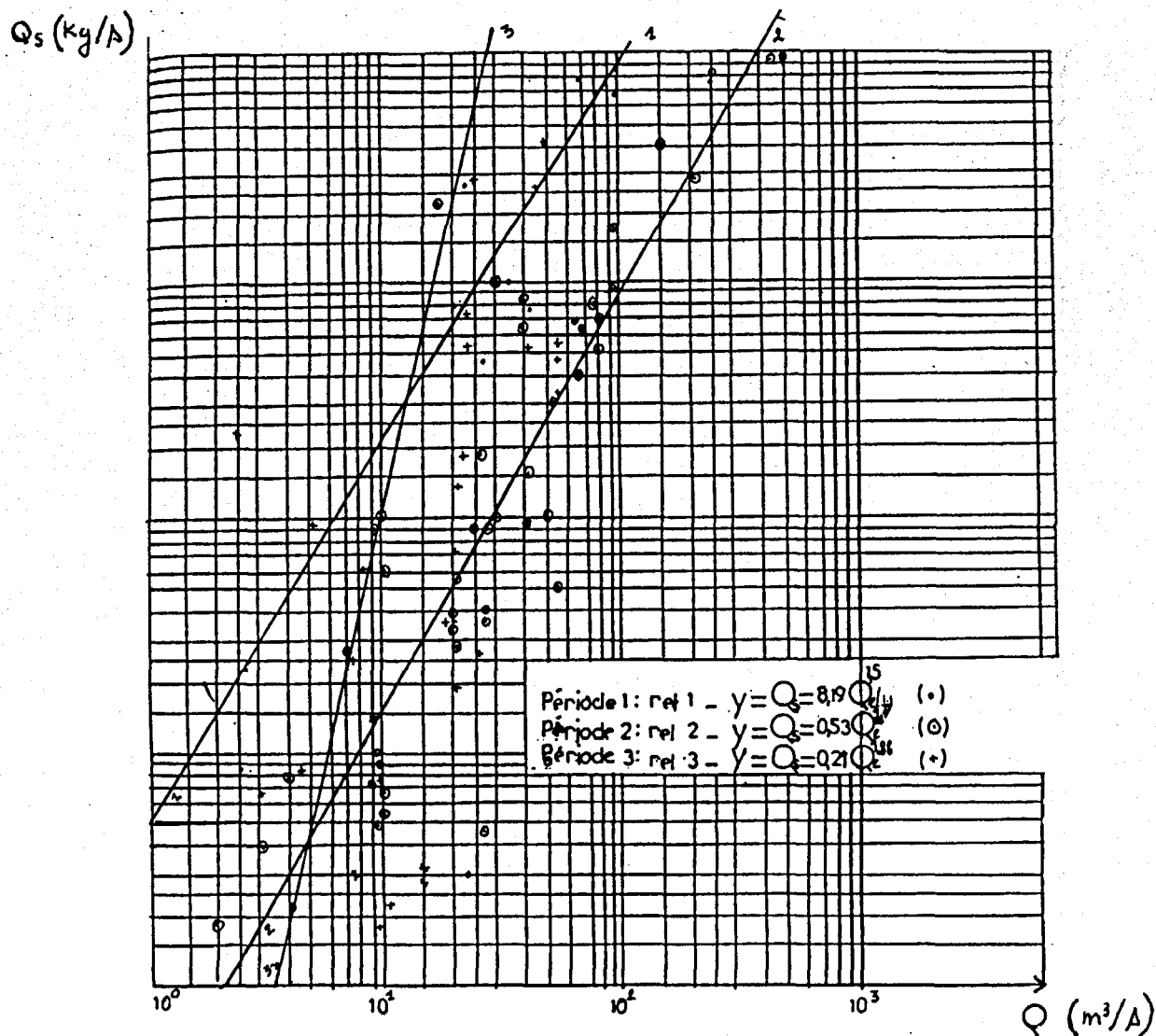


Fig 11 : Relations saisonnières débit solide-débit liquide.

Tableau H : Campagne juillet 1984.

- 213 -

Annee	ASS	SOUTIRAGE =S	ENVASE- MENT=E	S+E	ASCH	ASS %	ASCH %
81°	586759	219316					
82	1129228	1142244					
83	203962	69559					
84°	948211	320516					
TOTAL GENERAL	2868160	1461889	2480977	3942816	1087398	70	30

Tableau I : Campagne août 1981.

Annee	ASS	SOUTIRAGE =S	ENVASE- MENT=E	S+E	ASCH	ASS %	ASCH %
74	237094	91335					
75	823122	758171					
76	1453767	1334523					
77	125598	354581					
78	144165	152699					
79	396126	481883					
80	1523020	1163683					
81	285406	353557					
TOTAL GENERAL	4988298	4690432	8282661	12973000	7984702	40	60

Tableau J : Campagnes 1954 ; 1955 ; 1956.

Annee	53/54 Année humide			54/55 Année humide			55/56 Année seche		
	ALQ(10 ⁶ m ³)	ASS(10 ⁶ KG)	ASCH(10 ⁶ kg)	ALQ(10 ⁶ m ³)	ASS(10 ⁶ KG)	ASCH(10 ⁶ kg)	ALQ(10 ⁶ m ³)	ASS(10 ⁶ KG)	ASCH(10 ⁶ kg)
SEP	1,51	9544		14,042	202547		0,544	2357	
OCT	5,33	53723		23,327	405490		5,565	58955	
NOV	4,875	47542		12,525	173183		15,343	228689	
DEC	7,595	87272		38,435	804681		17,919	282871	
JAN	43,1	114725		28,211	57249		11,54	13216	
FEV	83,24	337759		88,232	371508		10,313	23315	
MARS	51,24	152348		71,478	282978		11,756	13624	
AVR	47,761	135756		25,167	47473		31,729	69417	
MAI	12,472	12831		9,629	8795		8,761	7662	
JUIN	2,194	1015		3,649	2133		4,359	3338	
JUIL	6,595	151		1,418	537		1,022	333	
AOUT	0,541	131		1,418	537		1,317	482	
TOTAL GENERAL		952797	3284233		2337111	3002444		702259	482109
		4237030			5339518			1184368	

Annee	53/54	54/55	55/56
Envast _m	2788030	617368	2736518
Soutir _m	1539000	567000	2603000

Les apports solides ont lieu essentiellement en automne lors des crues localisées, sur sol sec ; la contribution des crues généralisées (janvier à avril), sur sol saturé n'est pas négligeable .

L'apport solide en suspension est important en année sèche ; l'apport solide par charriage est prépondérant en année humide .

Le transport solide spécifique moyen annuel est de 5000 t/km²/an . Ainsi, le bassin versant de l'Agrioun , est l'un des bassins les plus dégradés d'Algérie .

BIBLIOGRAPHIE .

BOUDJEMLINE, D . (1987) : Susceptibilité au ruissellement et aux transports solides de sols à texture contrastée : Etude expérimentale au champ sous pluie simulée. Thèse . Doc . 3è . cycle . U niversité d'Orléans .

CLAUDE, J & CHARTIER, R . (1977) : Mesure de l'envasement dans les retenues de six barrages en Tunisie, campagne de 1975 . Cah ORSTOM, ser hydrol, vol xiv, n° 1 .

DEMMAK, A . (1982) : Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale . Thèse . Doc Ing . Université de Paris vi .

DJEZIRI, M . (1990) : Dynamique actuelle de petits bassins versants (Traras, Algérie occidentale) . Mêm Ing Université d'Oran .

DUPRAZ, C . (1984) : Bilans des transferts d'eau et d'éléments minéraux dans trois bassins versants comparatifs à végétation contrastée (Mont-Lozère, France) . Thèse . Doc Ing . Université d'Orléans .

DUQUENOIS, H . (1955) : Lutte contre la sédimentation des barrages reservoirs . Rapport inédit . SONELGAZ Darguina . Algérie .

ROOSE, E . (1980) : Dynamique actuelle de sols ferralitique et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale . Thèse . Doc Etat . Université d'Orléans .

VALENTIN, C . (1981) : Organisations péliculaires superficielles de quelques sols des régions désertiques (Agadez-Niger) . Thèse . Doc 3° cycle . Université de Paris vii .

ZEMOURI, E & MECHOUCHE, A . (1991) : Contribution à l'étude de l'envasement du barrage d'Irilemda à Kherrata . Mêm Ing . Centre universitaire de Béjaia .

Adresse des auteurs : Département d'hydraulique . Centre universitaire de Béjaia . Algérie .