

ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE A L'ECHELLE DE LA CRUE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MINA (ALGERIE)

Par
Dr Mohamed MEDDI
 Maître Assistant à l'ENSH (*) Blida

Résumé

Ce travail porte sur l'étude du phénomène du transport solide à l'échelle de la crue ; la partie la plus importante du volume solide transporté hors d'un bassin versant est réalisée lors des crues. Nous essayons également de trouver des relations explicatives de la concentration moyenne en matière solide de la crue et de la concentration maximale, en fonction de la pluie, du débit liquide et de la température de l'eau.

Mots clés : bassin versant - transport solide - crue - modèle statistique - Oued Mina.

1 INTRODUCTION

Le bassin versant de l'Oued Mina (Figure 1) est confronté à un grave problème de dégradation du sol, comme pratiquement toute la région du tell occidental algérien. Ce problème provoque l'envasement rapide du barrage d'Es-Saâda situé sur l'Oued Mina et touche également l'agriculture locale en provoquant des pertes énormes en terres cultivables, ce qui amène les paysans à l'exode vers les villes.

Ce travail représente une contribution à l'étude du phénomène du transport solide en suspension à l'échelle de la crue.

La plus grande partie de l'érosion des terres se produit lors des crues. En observant les valeurs de la turbidité instantanée, nous avons remarqué l'importance des crues dans le phénomène du transport solide. Pour cela, nous avons jugé utile d'étudier

(*) Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.

les réactions des bassins versants aux différents types de crues (les crues de la saison humide et les crues localisées de la saison chaude).

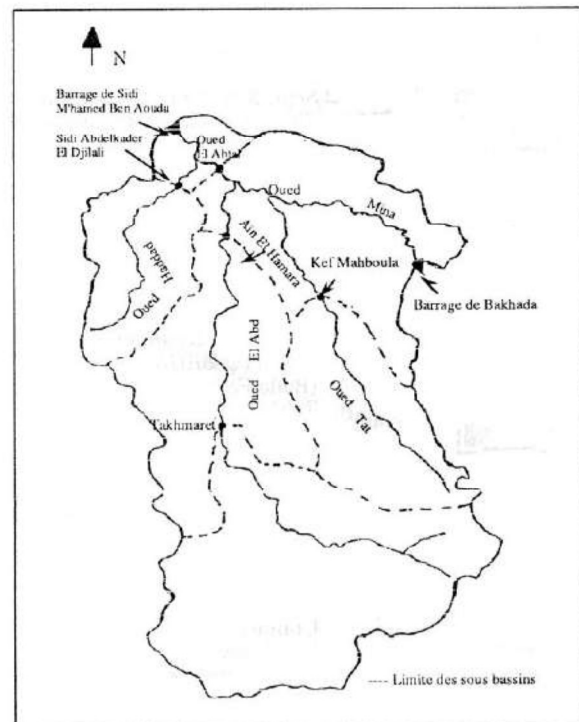


Figure 1 : Situation des stations hydrométriques.

La prévision de l'érosion à l'échelle de la crue nécessite une bonne connaissance du processus *pluie-ruissellement-transport solide*.

Pour les besoins de cette étude, nous avons échan-

Algérie EQUIPEMENT

BASSIN	Superficie en Km ²	Périmètre en Km	H min en m	H max en m	Indice de compacité	Dénivelée spécifique en m	Classe du relief
Oued Mina à Oued El Abtal	4 168	369	200	1 300	1.61	314.2	relief fort
Oued Haddad à S.A.E.K Djalali	480	109	225	1 100	1.40	305.9	relief fort
Oued Tat à Kef Mahboula	670	124	300	1 200	1.35	257.1	relief fort
Oued El Abd à Ain El Hamara	2 490	276	300	1 300	1.56	272.4	relief fort
Oued El Abd à Takhmaret	1 560	206	600	1 300	1.47	181.5	relief assez fort
Ensemble du Bassin Versant	4 783	407	100	1 300	796.70	318.8	relief fort

Tableau 1 : Caractéristiques morphométriques des bassins versants contrôlés par des stations hydrométriques.

tillonné les crues possédant des observations correctes et complètes, en turbidité et débit liquide. Les crues caractérisées par des prélèvements insuffisants ou mal répartis ont été écartées de l'étude.

2 LES VARIATIONS DE LA TURBIDITE

L'évolution de la variabilité de la turbidité au cours d'une crue, se comporte comme une sorte de lavage. On constate de fortes valeurs lors de la première pluie, ensuite, même si le débit augmente, on remarque une faible augmentation de la turbidité. Les plus fortes concentrations instantanées sont enregistrées généralement au début de l'été ou en automne. A cette période de l'année, le sol est sec et peu protégé par la végétation, et les températures sont élevées. Les pluies de ces deux saisons sont provoquées par des orages, avec une forte intensité, qui est capable d'arracher les particules solides. Les fortes valeurs de la turbidité ont été enregistrées en septembre, octobre et mai, mais rarement en hiver.

Les turbidités instantanées maximales annuelles du bassin versant de l'Oued Mina à la station de l'Oued El Abtal, suivent une loi de Gumbel. La période de retour de la turbidité maximale (260.78g/l enregistrée le 28 septembre 1976) est de 5 ans et demi.

3 RECHERCHE DE RELATION : TURBIDITE - PLUIE - DEBIT SOLIDE ET LIQUIDE A L'ECHELLE DE LA CRUE

3.1 Facteurs retenus pour cette étude

3.1.1 La pluie

Nous avons utilisé les pluies journalières moyennes reçues par chaque bassin versant.

Le tableau 2 donne les lois d'ajustement de ces pluies ainsi que les pluies de certaines périodes de retour. On constate que la différence entre les pluies cinquantennales et les pluies centennales est pratiquement le double pour l'ensemble des bassins versants. En fréquences rares, c'est le bassin versant de l'Oued Haddad à Sidi AEK El Djalali qui

reçoit les pluies les plus importantes suivies par celui de l'Oued Tat à Kef Mahboula.

3.1.2 L'état d'humidité du sol

Par faute de mesure directe de l'humidité du sol, plusieurs indices représentant celle-ci ont été proposés par des auteurs. Dans notre cas deux formulations ont été utilisées :

- Indice de H.B Osborn and L. Line (1969) :

$$API = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

P_i = pluie du jour i précédant le début de la crue.

t = nombre de jours (5 ou 10).

- Somme des précipitations antécédentes :

$$S = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

en considérant les précipitations journalières tombées durant les cinq et dix jours précédant le début de la crue.

3.1.3 Le ruissellement

Les paramètres du ruissellement sont estimés à partir des hydrogrammes des crues : le débit liquide moyen en m³/s (Q_{moy}), le débit liquide maximum en m³/s (Q_{max}) et le volume d'eau ruisselé en m³ (VI).

3.1.4 Transport solide

Les paramètres caractérisant le transport solide en suspension [apport solide de la crue en milliers de tonnes, concentration moyenne (C_{moy}) et la concentration maximale (C_{max}) en g/l] sont déterminés à partir des courbes de la turbidité et du débit solide en fonction du temps.

3.2 Etude de relation : transport solide-pluie-ruissellement

Dans ce paragraphe, nous allons essayer d'établir

STATION	PARAMETRES D'AJUSTEMENT	2 ans	10 ans	50 ans	100 ans
Oued El Abtal	S = 5.46 X0 = 19.76	21.8	32.0	41.1	44.9
S.A.E.K Djalali	S = 8.68 X0 = 23.65	26.8	43.2	57.5	63.6
Ain El Hamara	S = 6.83 X0 = 20.87	23.4	36.2	47.5	52.3
Takhmaret	S = 5.62 X0 = 16.52	18.6	29.2	38.4	42.4
Kef Mahboula	S = 7.25 X0 = 28.32	31.0	44.6	56.6	61.7

Tableau 2 : Pluies journalières maximales annuelles moyennes sur les bassins versants et durée de récurrence - Loi de Gumbel.

des relations entre le transport solide, la pluie et le débit liquide à partir des paramètres définis précédemment.

3.2.1 Bassin versant de l'Oued Mina à l'Oued El Abtal

Au niveau de ce bassin versant, nous avons sélectionné 49 crues (Tableau 3).

VARIABLES	MOYENNE	Ecart Type	Coeff. de variation CV
Précipitation en mm	15.47	12.41	0.80
Volume d'eau écoulé en m ³	5 783 228	4 317 276	0.75
Débit moyen en m ³ /s	40.65	21.86	0.54
Débit maximum en m ³ /s	88.23	69.43	0.79
Concentration moyenne en g/l	35.52	30.96	0.87
Concentration maximale en g/l	64.58	63.15	0.98
S5j en mm	8.22	9.67	1.20
S10j en mm	14.22	12.84	0.90
API5j en mm	3.80	4.40	1.16
API10j en mm	4.57	4.43	0.97
Température de l'eau en °C	18.29	4.58	0.25

Tableau 3 : Caractéristiques des crues échantillonnées.

a) Relation Précipitation-Ruissellement

Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est de 0.65. La pluie explique 42% de la variance du volume d'eau écoulé. En séparant les crues de saison froide et celles de saison chaude, le coefficient de corrélation simple s'est amélioré pour la saison froide ($R=0.70$). Par contre, en saison chaude ce coefficient a baissé ($R=0.41$). Le volume d'eau écoulé peut être expliqué par le débit maximum de la crue $R=0.76$, au seuil de 95%. Les coefficients de corrélation entre le débit moyen, le débit max et la pluie sont très faibles (de l'ordre de 0.40).

Ces faibles valeurs des coefficients de corrélation sont dues probablement à la non prise en compte des pluies effectives seules qui ont provoqué le ruissellement (absence de pluviographe au niveau du bassin versant). Cette remarque est valable pour l'ensemble des bassins versants.

b) Relation Précipitation-Turbidité

La relation entre la pluie, les concentrations moyennes et maximales est pratiquement négligeable

($R<0.30$). Par contre en saison chaude, le coefficient de corrélation simple entre la pluie et la concentration maximale est de 0.30.

c) Relation Ruissellement-Turbidité

En général, la forme des hydrogrammes coïncide avec la forme des turbidigrammes. Par contre, les maximums de la turbidité ne coïncident pas forcément avec les maximums du débit liquide.

La relation entre la concentration moyenne et concentration maximale avec le débit liquide moyen ou maximum est très faible (de l'ordre de 0.18). En saisons chaudes, les relations entre les paramètres cités précédemment s'améliorent nettement, le coefficient de corrélation entre la concentration moyenne et le débit liquide est de 0.55 et de même pour la concentration maximale ($R=0.54$).

d) Relation Pluie-Ruissellement-Turbidité

Après avoir étudié les relations entre les différents paramètres caractérisant la crue, nous allons essayer de trouver une relation entre la turbidité, la pluie et le débit liquide.

En analysant l'ensemble, après plusieurs essais, nous avons trouvé que le débit liquide maximum et l'état de saturation du sol S10j expliquent seulement 20% de la variance de la turbidité moyenne et maximale. En décomposant les crues en deux saisons, la liaison est restée faible entre la turbidité et les facteurs explicatifs ($R=0.30$), en saison froide. Par contre, en saison chaude, le coefficient de corrélation multiple est de 0.67 entre la concentration moyenne et les deux facteurs explicatifs. Ce coefficient enregistre une valeur de 0.70 pour la concentration maximale. Le débit maximum et les pluies des dix derniers jours précédant la crue expliquent 50% de la variance de la turbidité.

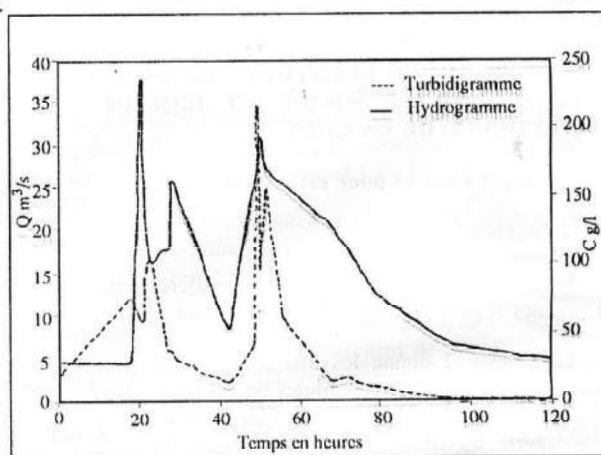


Figure 2 : Hydrogramme et turbidigramme correspondant à la crue du 16-21/10/1978.

ECHÉLLE		EXPRESSIONS RETENUES	R	Ecart type Résiduel S	Test de Fischer	Probabilité %
Ensemble des Crues	VI	$\text{Log VI} = 1.02 \text{ Log Qmax} + 4.74$	0.76	0.25	62.80	0.001
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 1.01 \text{ Log Qmax} - 0.26 \text{ S10j} + 0.202$	0.43	0.29	5.49	0.820
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.35 \text{ Log Qmax} - 0.33 \text{ S10j} + 1.45$	0.43	0.33	5.34	0.830
Crues de Saison Froide	VI	$\text{Log VI} = 0.89 \text{ Log Qmax} + 5.04$	0.76	0.20	37.04	0.001
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.31 \text{ Log Qmax} + 0.80$	0.27	0.28	2.45	14.130
	Cmax	$\text{Log Cmax} = -0.09 \text{ AP15j} + 1.73$	0.33	0.21	3.36	7.440
Crues de Saison Chaude	VI	$\text{Log VI} = 1.08 \text{ Log Qmax} + 4.53$	0.76	0.28	23.84	0.020
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.58 \text{ Log Qmax} - 0.11 \text{ S10j} + 0.76$	0.67	0.27	6.34	0.940
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.75 \text{ Log Qmax} - 0.13 \text{ S10j} + 0.78$	0.70	0.36	7.63	0.480

Tableau 4 : Expressions explicatives retenues.

3.2.2 Bassin versant de l'Oued Haddad à Sidi AEK El Djilali

Au niveau de ce bassin versant, nous avons sélectionné 26 crues (Tableau 5).

VARIABLES	MOYENNE	Ecart Type	Coeff. de Variation CV
Précipitation en mm	11.08	9.97	0.90
Volume d'eau écoulé en m ³	9 538 82.2	1 017 178	1.07
Débit moyen en m ³ /s	21.67	20.09	0.93
Débit maximum en m ³ /s	71.34	71.13	0.99
Concentration moyenne en g/l	75.44	38.40	0.51
Concentration maximale en g/l	103.72	46.80	0.25
S5j en mm	7.47	11.33	1.52
S10j en mm	14.53	14.80	1.02
AP15j en mm	4.65	8.08	1.74
AP110j en mm	4.39	5.49	1.25
Température de l'eau en °C	17.01	4.33	0.25

Tableau 5 : Caractéristiques des crues échantillonnées

a) Relation Précipitation-Ruissellement

En prenant l'ensemble des crues, la pluie explique 33% de la variation du volume d'eau écoulé. En saison froide, les précipitations expliquent 46% de la variance des volumes d'eau ($R=0.68$). Par contre, en expliquant le volume d'eau écoulé par le débit moyen de la

crue, le coefficient de corrélation atteint une valeur de 0.78 (Tableau 6).

b) Relation Précipitation-Turbidité

La relation entre ces deux variables est très faible ($R=0.26$). On remarque une amélioration de cette relation en saison froide ($R=0.43$), pour la turbidité moyenne et $R=0.31$ pour la turbidité maximale de la crue.

c) Relation Ruissellement-Turbidité

Le coefficient de corrélation entre la turbidité moyenne et le débit liquide moyen est de 0.51. Le débit liquide moyen explique 40% de la variance de la concentration maximale ($R=0.60$).

En saison froide, ces coefficients baissent considérablement ($R=0.20$) pour la turbidité moyenne et $R=0.28$ pour la turbidité maximale.

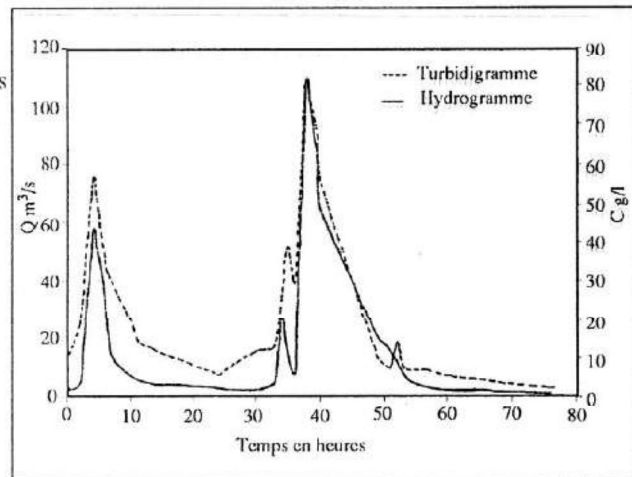


Figure 3 : Hydrogramme et turbidigramme correspondant à la crue du 27-30/11/1982.

d) Relation Turbidité-Précipitation-Débit liquide

En ce qui concerne la turbidité moyenne de la crue, les facteurs explicatifs sont : le débit liquide moyen et l'humidité du sol S10j. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.57 au seuil de 95%. Le facteur explicatif de la concentration maximale est le débit liquide moyen de la crue. Le coefficient de corrélation est de 0.55 au seuil de 95%.

En saison froide, les variations de la concentration moyenne sont expliquées par la pluie et l'humidité du sol S10j. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.60. La concentration maximale est expliquée par le débit liquide moyen ($R=0.30$). On constate que les coefficients de corrélation, en saison froide, diminuent sensiblement, ce qui permet d'affirmer la remarque faite précédemment, selon laquelle les crues de saison froide font baisser les coefficients de corrélation de l'ensemble des crues.

ECHELLE		EXPRESSIONS RETENUES	R	Ecart type Résiduel S	Test de Fischer	Probabilité %
Ensemble des Crues	VI	$\text{Log VI} = 0.97 \text{ Log Qmax} + 4.61$	0.78	0.32	37.87	0.001
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.22 \text{ Log Qmoy} - 0.007 \text{ S10j} + 1.67$	0.57	0.23	5.57	1.060
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.31 \text{ Log Qmoy} + 1.61$	0.55	0.19	10.54	0.350
Crues de Saison Froide	VI	$\text{Log VI} = 1.2 \text{ Log Qmax} + 4.41$	0.80	0.32	32.49	0.001
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.17 \text{ Log Qmoy} + 1.72$	0.30	0.20	1.64	21.430
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.23 \text{ Log Qmoy} - 0.17 \text{ P}^{0.1} + 1.84$	0.49	0.19	2.65	9.450

Tableau 6 : Expressions explicatives retenues.

3.2.3 Bassin versant de l'Oued El Abd à Ain El Hamara

Au niveau de ce bassin versant, nous avons sélectionné 30 crues (Tableau 7).

VARIABLES	MOYENNE	Ecart Type	Coeff. de Variation CV
Précipitation en mm	12.65	11.98	0.95
Volume d'eau écoulé en m ³	2 282 48.5	2 462 047	1.08
Débit moyen en m ³ /s	25.75	19.85	0.77
Débit maximum en m ³ /s	58.32	64.14	1.10
Concentration moyenne en g/l	16.68	9.52	0.57
Concentration maximale en g/l	28.96	20.18	0.70
S5j en mm	9.62	13.36	1.39
S10j en mm	13.62	14.88	1.09
ΔP15j en mm	5.41	8.53	1.58
ΔP110j en mm	5.96	8.44	1.42
Température de l'eau en °C	18.63	4.48	0.24

Tableau 7 : Caractéristiques des crues échantillonnées.

a) Relation Précipitation-Ruissellement

La liaison entre ces deux variables est très faible ($R=0.35$). En saison froide, les pluies expliquent 44% des variations des volumes d'eau écoulée ($R=0.65$). Par contre, en saison chaude, elles expliquent seulement 11% de ces variations ($R=0.35$).

b) Relation Précipitation-Turbidité

Une liaison linéaire entre la pluie et la turbidité est inexistante ($R=0.07$). Cette liaison reste faible en sai-

son froide et chaude.

c) Relation Ruissellement-Turbidité

Le résultat de la régression simple effectuée sur la turbidité moyenne de la crue et les débits moyen et maximum donnent un coefficient de corrélation très faible ($R=0.34$).

Le débit maximum de la crue explique à lui seul 43% ($R=0.65$) de la variance de la turbidité maximale. Le débit moyen de la crue explique seulement 28% de ces variations. Cela signifie que le ruissellement

n'explique pas, à lui seul, le phénomène du transport solide.

En saison froide, le débit liquide moyen ou maximum explique, séparément, 17% ($R=0.47$) de la variance de la turbidité moyenne. Ce même facteur explique seulement 5% de la variance de la turbidité maximale.

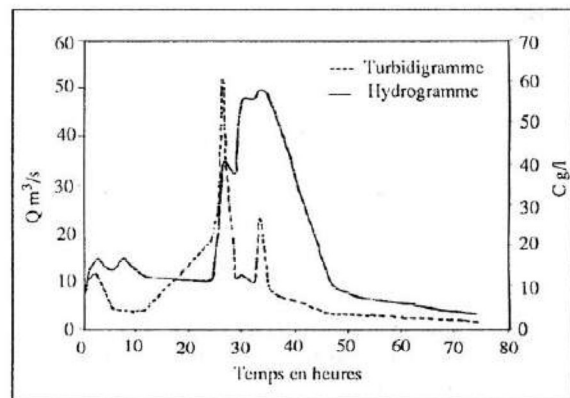


Figure 4 : Hydrogramme et turbidigramme correspondant à la crue du 1-4/03/1979.

d) Relation Turbidité-pluie-débit liquide

Les facteurs explicatifs de la concentration moyenne sont le débit liquide maximum de la crue, l'humidité du sol S10j et la température de l'eau. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.73 au seuil de 95%.

Les facteurs explicatifs de la concentration maximale sont : le débit liquide maximum, l'humidité du sol S10j et la température de l'eau. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.67 au seuil de 95% (Tableau 8).

d.1 Saison froide (novembre-avril)

La turbidité moyenne des crues est expliquée par la pluie et l'humidité du sol ($R=0.72$). Ces mêmes facteurs expliquent 35% de la variance de la concentration maximale ($R=0.60$).

ECHÉLLE		EXPRESSIONS RETENUES	R	Ecart type Résiduel S	Test de Fischer	Probabilité %
Ensemble	VI	$\text{Log VI} = 1.61 \text{ Log Qmax} + 4.24$	0.76	0.28	36.12	0.001
des	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.391 \text{ Log Qmax} - 0.05 \text{ S10j}^{0.5} + 6.10 \cdot 10^{-4} T^2 + 0.42$	0.73	0.18	10.02	0.020
Crues	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.05 \text{ Qmax}^{0.5} - 0.01 \text{ API10} + 4.10 \cdot 10^{-4} T^2 + 0.95$	0.66	0.23	6.90	0.150
Crues de Saison Froide	VI	$\text{Log VI} = 1.23 \text{ Log Qmax} + 4.19$	0.63	0.33	9.32	0.840
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.54 \text{ P}^{0.1} - 2.10 \cdot 10^{-4} \text{ API10}^2 + 0.36$	0.72	0.12	6.97	0.880
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.65 \text{ P}^{0.1} - 3.10 \cdot 10^{-4} \text{ API10}^2 + 0.49$	0.59	0.23	3.53	5.880
Crues de Saison Chaude	VI	$\text{Log VI} = 1.25 \text{ Log Qmax} + 4.02$	0.88	0.22	42.50	0.001
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.41 \text{ Log Qmax} - 0.2 \text{ S10j}^{0.1} + 5.10 \cdot 10^{-4} T^2 + 0.61$	0.62	0.18	2.11	16.210
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.6 \text{ Log Qmax} + 9.10 \cdot 10^{-4} T^2 - 0.01$	0.76	0.18	4.69	2.710

Tableau 8 : Expressions explicatives retenues.

d.2 Saison chaude (mai-octobre)

La relation expliquant les variations de la turbidité moyenne de la crue tient compte simultanément du débit liquide maximum, de l'humidité du sol et de la température de l'eau (R=0.62). Le débit maximum et la température de l'eau expliquent 58% des variations de la concentration maximale (R=0.77).

3.2.4 Bassin versant de l'Oued El Abd à Takhmaret

Au niveau de ce bassin versant, nous avons sélectionné 16 crues (Tableau 9).

VARIABLES	MOYENNE	Ecart Type	Coeff. de Variation CV
Précipitation en mm	9.06	10.09	1.11
Volume d'eau écoulé en m ³	1 272 352	8 768 05.7	0.69
Débit Moyen en m ³ /s	23.68	19.33	0.82
Débit maximum en m ³ /s	53.90	45.92	0.85
Concentration moyenne en g/l	17.80	9.95	0.56
Concentration maximale en g/l	27.39	17.48	0.64
SSj en mm	6.04	7.42	1.23
S10j en mm	9.78	9.89	1.01
API5j en mm	3.60	6.07	1.69
API10j en mm	4.09	6.09	1.49
Température de l'eau en °C	15.29	5.35	0.35

Tableau 9 : Caractéristiques des crues échantillonnées.

a) Relation Précipitation-Ruissellement

La liaison entre ces deux variables est très faible (R=0.27).

b) Relation Précipitation-Turbidité

Le résultat de la régression simple effectuée sur la pluie et la turbidité moyenne de la crue montre qu'il n'existe pas une liaison linéaire entre elles (R=0.52). En ce qui concerne la turbidité maximale, le coefficient de corrélation simple est de 0.42.

En saison chaude, le coefficient de corrélation augmente sensiblement, pour la turbidité moyenne (R=0.57). Par contre, il diminue pour la concentration maximale (R=0.27).

On peut dire que la pluie, à elle seule, ne peut expliquer les variations de la turbidité.

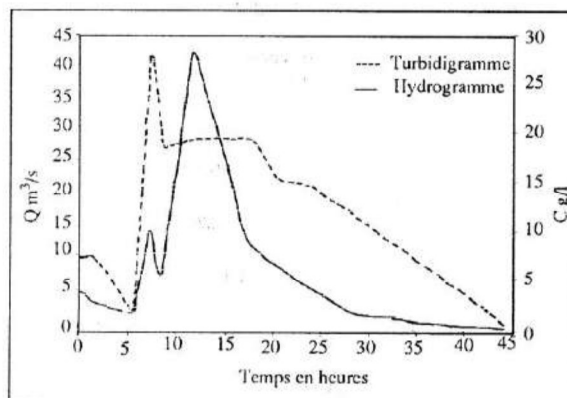


Figure 5 : Hydrogramme et turbidigramme correspondant à la crue du 3-5/10/1987.

c) Relation Ruissellement-Turbidité

La liaison entre la concentration moyenne, le débit liquide moyen et maximum est très faible (R=0.32). Tandis que la liaison s'améliore nettement pour la turbidité maximale (R=0.65). En saison chaude, ces liaisons restent pratiquement les mêmes.

d) Relation Turbidité-Pluie-Débit liquide

La relation explicative de la turbidité moyenne est composée de deux facteurs : le débit liquide maximum et l'humidité du sol S10j (R=0.75), les mêmes facteurs expliquent 77% de la variance de la turbidité maximale (R=0.88).

En saison chaude, la pluie explique 67% de la variabilité de la concentration moyenne de la variance de la concentration maximale de la crue (R=0.86).

Au niveau de ce bassin versant, ce sont la pluie et le débit liquide maximum qui traduisent les variations de la turbidité moyenne. Par contre, ce sont l'humidité du sol et le débit liquide de pointe qui expliquent les variations de la turbidité maximale de la crue.

ECHELLE		EXPRESSIONS RETENUES	R	Ecart type Résiduel S	Test de Fischer	Probabilité %
Ensemble des Crues	VI	$\text{Log VI} = 0.34 \text{ Log Qmax} + 5.47$	0.42	0.30	3.02	10.09
	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.351 \text{ Log Qmax} - 6.10^4 \text{ S10j} + 0.82$	0.75	0.22	8.20	0.50
Crues de Saison Chaude	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.39 \text{ Log Qmax} - 6.10^{-4} \text{ S10j} + 0.84$	0.88	0.18	21.34	0.01
	VI	$\text{Log VI} = 0.5 \text{ Log Qmax} + 0.07 \text{ S5j} + 0.1$	0.81	0.24	7.38	1.55
Crues de Saison Chaude	Cmoy	$\text{Log Cmoy} = 0.003 \text{ P}^2 + 1.37$	0.82	0.20	18.61	8.20
	Cmax	$\text{Log Cmax} = 0.42 \text{ Log Qmax} - 0.03 \text{ S10j} + 0.93$	0.86	0.20	10.84	0.55

Tableau 10 : Expressions explicatives retenues.

3.2.5 Bassin versant de l'Oued Tat à Kef Mahboula

Au niveau de ce bassin versant, nous avons sélectionné 17 crues (Tableau 11).

VARIABLES	MOYENNE	Ecart Type	Coeff. de Variation CV
Précipitation en mm	14.11	12.73	0.90
Volume d'eau écoulé en m ³	8 407 35.8	1 109 298	1.32
Débit moyen en m ³ /s	17.13	13.55	0.79
Débit maximum en m ³ /s	34.27	26.58	0.78
Concentration moyenne en g/l	18.81	13.61	0.72
Concentration maximale en g/l	22.57	16.28	0.72
S5j en mm	18.92	17.33	0.92
S10j en mm	29.56	18.95	0.64
API5j en mm	10.13	12.32	1.22
API10j en mm	11.52	11.92	1.03
Température de l'eau en °C	13.15	4.59	0.35

Tableau 11 : Caractéristiques des crues échantillonnées.

a) Relation Précipitation-Ruissellement

Le coefficient de corrélation simple entre ces deux variables est satisfaisant (R=0.81). En saison froide ce coefficient reste stable (R=0.83).

b) Relation Précipitation-Turbidité

La relation entre ces deux paramètres est très faible (R=0.06). En saison froide, le coefficient de corrélation, entre la pluie et la concentration (moyenne et maximale) sont respectivement de 0.40 et 0.50. On constate une nette amélioration, bien que ces coefficients restent faibles, des liaisons en cette période de l'année.

c) Relation Ruissellement-Turbidité

Les débits liquides moyen et maximum de la crue ne peuvent pas expliquer, à eux seuls, les variations de la turbidité, car les coefficients de corrélations sont de l'ordre de 0.25.

d) Relation Turbidité-Pluie-Débit liquide

- Ensemble des crues

L'expression explicative de la concentration moyenne est composée de deux facteurs : la pluie et la température de l'eau (R=0.76). Ce sont les mêmes facteurs qui expliquent 62% de la variance de la turbidité maximale de la crue (R=0.79).

- Saison froide

La pluie explique 56% de la variance de la turbidité moyenne (R=0.75). Ce même facteur explique 64% de la variance de la turbidité maximale (R=0.80).

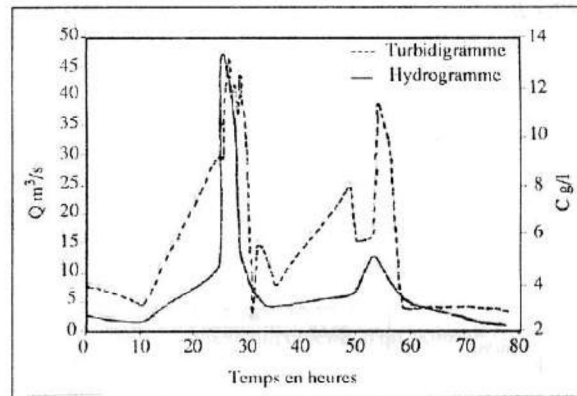


Figure 6 : Hydrogramme et turbidigramme correspondant à la crue du 7-10/03/1986.

4 CONCLUSION

Après avoir étudié les variations de la turbidité en fonction de la pluie, du débit liquide, de l'humidité du sol et de la température de l'eau, on peut tirer les conclusions suivantes :

- Au niveau du bassin versant de l'Oued Mina à l'Oued El Abtal, les coefficients de corrélation multiples des relations retenues sont faibles. En étudiant les deux types de crues, nous avons constaté que ces coefficients augmentent en saison chaude et baissent en saison froide. Les deux

ECHÉLLE		EXPRESSIONS RETENUES	R	Ecart type Résiduel S	Test de Fischer	Probabilité %
Ensemble des Crues	VI	$V ^{0.5} = 15.38 Q_{max} + 264.92$	0.86	252.07	42.10	0.001
	Cmoy	$\text{Log } C_{moy} = 0.54P^{0.1} + 0.04T + 0.09$	0.76	0.24	9.76	0.230
	Cmax	$\text{Log } C_{max} = 0.55 P^{0.1} + 0.001T^2 + 0.41$	0.79	0.23	11.51	0.120
Crues de Saison Froide	VI	$V ^{0.5} = 15.63 Q_{max} + 314.25$	0.87	280.23	31.78	0.030
	Cmoy	$\text{Log } C_{moy} = 0.46 P^{0.1} + 0.55$	0.75	0.22	12.71	0.510
	Cmax	$\text{Log } C_{max} = 0.49P^{0.1} + 0.59$	0.80	0.20	17.69	0.190

Tableau 12 : Expressions explicatives retenues.

principaux facteurs explicatifs de la turbidité sont : le débit liquide de pointe de la crue et l'humidité du sol S10j.

- Au niveau du bassin versant de l'Oued Haddad à Sidi AEK El Djilali, ce sont le débit liquide moyen de la crue et l'humidité du sol S10j qui expliquent les variations de la turbidité. Les coefficients de corrélation décroissent en saison froide.
- Au niveau du bassin versant de l'Oued El Abd à Ain El Hamara, ce sont les trois facteurs suivants qui expliquent les variations de la turbidité : le débit liquide maximum, l'humidité du sol et la température de l'eau. En saison froide, la pluie et l'humidité du sol suffisent à expliquer la turbidité. Par contre en saison chaude, ce sont le débit liquide maximum, l'humidité du sol et la température de l'eau qui expliquent la turbidité.
- Au niveau du bassin versant de l'Oued El Abd à Takhmaret, ce sont le débit liquide maximum de la crue et l'humidité du sol S10j qui rentrent dans l'expression explicative de la concentration moyenne. Pour la concentration maximale, ce sont le débit liquide maximum et l'humidité du sol qui l'expliquent. En saison chaude, la pluie, à elle seule, explique une grande partie des variations de la turbidité. Tandis que le débit liquide maximum et l'humidité du sol jouent un rôle important dans l'explication des variations de la concentration.
- Au niveau du bassin versant de l'Oued Tat à Kef Mahboula, la pluie et la température de l'eau expliquent une grande partie des variations de la turbidité. En saison froide, c'est la pluie qui explique la variabilité de la turbidité. Les relations trouvées peuvent servir à estimer les volumes des crues où les lacunes d'enregistrement sont remarquées. Ces manques de mesures ont été remarqués pour l'ensemble des stations, où on trouve des lacunes concernant la montée des crues. Ces reconstitutions permet-

tent l'estimation des volumes d'eau écoulés pour les bassins versants et une estimation des quantités solides à l'échelle de la crue ①

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L.O Assez : "A *preliminair investigation of suspend sediments in Kainji Lake*". Nigeria Bull. Assoc. Scient., t 15, n°3, pp.61-70 - 1971 .
- [2] A. Bhatnagar : "Determination runoff by the use of infiltration index". Actes du colloque de Leningrad, Août 1967, IAHS
- [3] G. Bediot : "Erosion des sols due au ruissellement". Thèse de 3ème cycle, 3T, 471p, 1966 Besançon.
- [4] Cemagref : "Informations Techniques 1982 Apports solides annuels moyens des petits bassins versants". Cahier-45, Mars 1982, N°6.
- [5] J.P Delhoume : "Ruissellement et érosion en bioclimat méditerranéen semi-aride de Tunisie centrale". Processus et mesure de l'érosion, 1987, Ed, du CNRS, pp.487-507 - 1987.
- [6] A. Demmak : "Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale". Thèse Doc. Ing. Paris 323p 1982.
- [7] F. Fournier : "Climat et érosion - la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques". P.U.F., Paris, 201p 1960.
- [8] M. Guigo : "Hydrologie et érosion dans l'Apennin septentrional". Thèse d'Etat Aix-Marseille, 2t, 507p 1979.
- [9] Institut des Géosciences Appliquées et G.T.Z : "Projet d'aménagement intégré du bassin - versant de l'Oued Mina", Ifenbach (R.F.A.), 230p 1987.
- [10] R. Kalaman : "Modélisation des débits solides. Colloque sur l'érosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen". Uni. Louis Pasteur, Strasbourg, pp. 189-194 - 1978.
- [11] H.B Osbon and L. Lane : "Precipitation-Runoff relations for very small semiarid rangeland watersheds". Water Resources Research, Vol. 5, n°2, April 1969.
- [12] J.R Williams : "Sediment delivery ratio determined with sediment and runoff models-erosion and solid matter transport in inland waters". Proceedings of the Paris symposium, July 1977, IAHS publ. n°122, pp. 169-179 1977.