

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION ET SA VARIABILITE TEMPORELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR HAMMAM

Souheila KERDOUD et Hafiza TATAR

Laboratoire des Sciences du Territoire, Ressources Naturelles et Environnement « LASTERNE »
Université des Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

Reçu le 30/04/2017 – Accepté le 13/02/2018

Résumé

Le bassin versant de l'Oued Kebir Hammam, situé dans le Nord Est Algérien, est d'une superficie de 1130 km². A l'instar des bassins telliens tributaires de la méditerranée, ce bassin est soumis depuis des décennies à l'érosion hydrique due en grande partie aux conditions climatiques (pluies et crues) et aux mauvaises pratiques humaines provoquant d'importantes pertes du patrimoine sol.

Ce travail consiste à évaluer les transports solides en suspension sur des différents pas de temps (instantanés, journaliers, mensuels, saisonniers et interannuels). Il se base sur les données hydrométriques de la station de Ain Charchar (débits solides, concentrations et débits liquides) sur une période de 10 ans, (1970 à 1980). Une analyse graphique a été réalisée afin de définir les types de relations entre les transports solides en suspension et quelques paramètres hydro-climatiques (pluies et débits).

Les résultats obtenus montrent de fortes corrélations entre les débits solides et les débits liquides instantanés essentiellement à l'échelle annuelle ainsi qu'une concordance entre les transports solides en suspension calculés et les pluies maximums et les débits à l'échelle mensuelle.

Mots clés : Transport solide en suspension, bassin versant, Kebir Hammam, variabilité temporelle, débit liquide, débit solide, érosion hydrique.

Abstract

The Oued Kebir Hammam basin is located in Algeria's north-east, with an area of 1130 km². Like the telly basins tributary to the Mediterranean, this basin has been affected for decades by the problem of water erosion caused in large part by the climatic conditions (rainfall and floods) and on the other hand by the Strong floods provoking important losses of the soil.

This work is to evaluate the sediment transport in suspension on different time (instant, daily, monthly, seasonal and interannual). It is based on hydrometric data Ain Charchar station (solids flow rates, concentrations and liquid flow rates) over a period of 10 years (1970 to 1980). A graphic analysis has been realised to define the types of relationships between sediment transport in suspension and some hydro-climatic parameters (rains and flow rates).

The results show good correlations between solid and liquid flow rates primarily in annual scale and a concordance between the sediment transport in suspension calculated and maximum rains and flow rates.

Keywords: Sediment transport in suspension, watershed, Kebir Hammam, temporal variability, liquid flow, solid flow, Water erosion.

الملخص

يقع الحوض التجميحي لواد كبير الحمام في الشمال الشرقي للجزائر و تقدر مساحته ب 1130 كم². فعلى غرار الأحواض التلية الساحلية الأخرى يعتبر هذا الحوض من بين الأحواض المعرضة لعقود من الزمن للتعرية المائية ويرجع ذلك من جهة إلى الظروف المناخية (كالأمطار والفيضانات) إضافة إلى الممارسات البشرية السلبية التي تسببت في خسائر كبيرة خاصة لعنصر التربة. يهدف هذا العمل إلى تقييم النقل الصلب العالق خلال فترات زمنية مختلفة (لحظية، يومية، شهرية، موسمية و سنوية)، تستند على المعطيات الهيدرومترية لمحطة عين شرشار (تركيز المواد العالقة، الصببيات الصلبة والصببيات) لفترة عشرة سنوات (1970-1980). كذلك انجزت التحليلات البيانية، كان الهدف منها استخلاص مختلف العلاقات التي تربط الصببيات الصلبة و بعض العناصر الهيدرولوغيا الأخرى (الصببيات و الأمطار).

أظهرت النتائج إرتباطات قوية بين الصببيات الصلبة و الصببيات في المقام الأول على المستوى السنوي ثم بين القيم القصوى للأمطار و الصببيات القصوى خاصة على مستوى الشهري.

الكلمات المفتاحية : الصببيات الصلبة العالقة، الحوض التجميحي، كبير حمام، التغيرات الزمنية، الصبب الصلب، الصبب، التعرية المائية .

INTRODUCTION

Le transport des sédiments par les cours d'eau modifient constamment le lit des cours d'eau. Il peut s'effectuer sous deux formes bien différenciées, le charriage et la suspension. Le charriage est un mouvement des sédiments plutôt grossiers sur le fond du lit par roulement ou saltation. La suspension est l'entraînement des sédiments fins par le courant turbulent, dans toute la section de l'écoulement. Il est le résultat de l'érosion hydrique.

En ce sens, l'érosion hydrique constitue un problème environnemental de plus en plus préoccupant au niveau mondial. Les variations climatiques, l'activité humaine par des travaux inadaptés sur les versants, le défrichage, le surpâturage, les labours mécanisés dans le sens des pentes, facilitent le ruissellement et par conséquent l'érosion hydrique et ses effets indésirables pour l'environnement et pour l'économie des pays.

L'Algérie figure parmi les pays les plus touchés par ce phénomène. En effet, 14 millions d'hectares [1] dans les zones de montagnes au Nord du pays sont touchés par celle-ci. Il s'ensuit que les barrages en aval sont menacés par l'envasement (matières en suspension).

Devant l'importance de ce problème, nous avons jugé intéressant de mener une petite réflexion sur ce sujet. Nous avons choisi comme modèle le bassin versant de Oued Kebir Hammam car il dispose de plus de 2400 valeurs instantanées mesurées, durant une décennie (1970-1980). Ces mesures nous ont permis non seulement de quantifier le transport solide, de suivre éventuellement son évolution à travers le temps mais surtout de mettre au point des relations entre ses valeurs calculées et quelques paramètres (pluies et écoulements) influant sur sa production.

I. MATERIELS ET METHODES

En Algérie, l'étude des transports solides reste embryonnaire. Il y a une dizaine d'années, une percée de travaux a été réalisée après les premiers travaux de Demmak.A [2], Ballais.J.L [3], Amirèche.H [4], Bourouba.M [5]. Parmi les plus connus et les plus répandus concernant la quantification de l'érosion et le transport solide en suspension selon des modèles physiques, statistiques ou de simples relations empiriques, nous citerons ceux de Remini.B [6], Khanchoul .K [7], Touaibia.B [8,9], Bouchelkia.H [10, 11], Bouanani.A [12], Tatar. H [13], Louameri.A [14, 15, 16]. Suite à tous ces travaux, notre contribution consiste à quantifier

le transport solide en suspension dans l'un des bassins telliens tributaire de la méditerranée, qu'est Oued Kebir Hammam.

I.1. Zone d'étude

Le bassin de Oued Kebir Hammam (Figure 1) est situé dans le Nord Est Algérien. Il couvre une superficie de 1130 km² soit près de 37% de la superficie totale du bassin versant des Côtiers Constantinois Centre dont il fait partie. Administrativement, Cette entité hydrologique couvre quatorze (14) communes : cinq dans la wilaya de Skikda, huit dans celle de Guelma et une dans la wilaya d'Annaba. Sur la totalité de ces communes deux seulement sont entièrement incluses dans le bassin (Bouati Mahmoud et Roknia).

Le bassin fait partie de l'Atlas tellien. Son relief est composé au Sud de montagnes (Djebel Taya 1209 m, Djebel Debar 1060 m, Djebel Mermera 993 m etc.). Au centre, il est composé de collines découpées par des vallées peu élevées aux altitudes variant entre 450 et 850 m. Au Nord, il est formé de plaines de moins de 100 m d'altitude (Figure 2). Ces dernières constituent des terres fertiles exploitées par les riverains pour la production agricole.

Globalement, les altitudes se situent entre 14 et 1209 m. Les pentes supérieures à 25% représentent 31,79% de la superficie totale du bassin (Figures 3).

Le bassin est soumis à un climat méditerranéen chaud et sec en été frais et pluvieux en hiver. Les précipitations oscillent entre 400 et 1000 mm (Station pluviométrique Ain Charchar (1969-2003)).

Le réseau hydrographique principal du bassin (Figure 1) comprend Oued Hammam et Oued Mechekel et leurs affluents. Les deux oueds convergent en aval des deux villes Bekkouche Lakhdar et Ain Charchar pour former l'Oued El Kebir.

Le débit moyen annuel enregistré à la station hydrométrique de Ain Charchar située à la confluence des deux cours d'eau est de 4,57 m³/s soit 4,04 l/s/km² (1970-1980). La variation mensuelle des débits exprimés par le coefficient mensuel des débits montre que le régime des hautes eaux va de la mi-décembre à avril. Le maximum mensuel se situe au mois de février avec une moyenne mensuelle de 12,8 m³/s. Le minimum des débits s'observe au mois d'août avec une valeur de 0,02 m³/s.

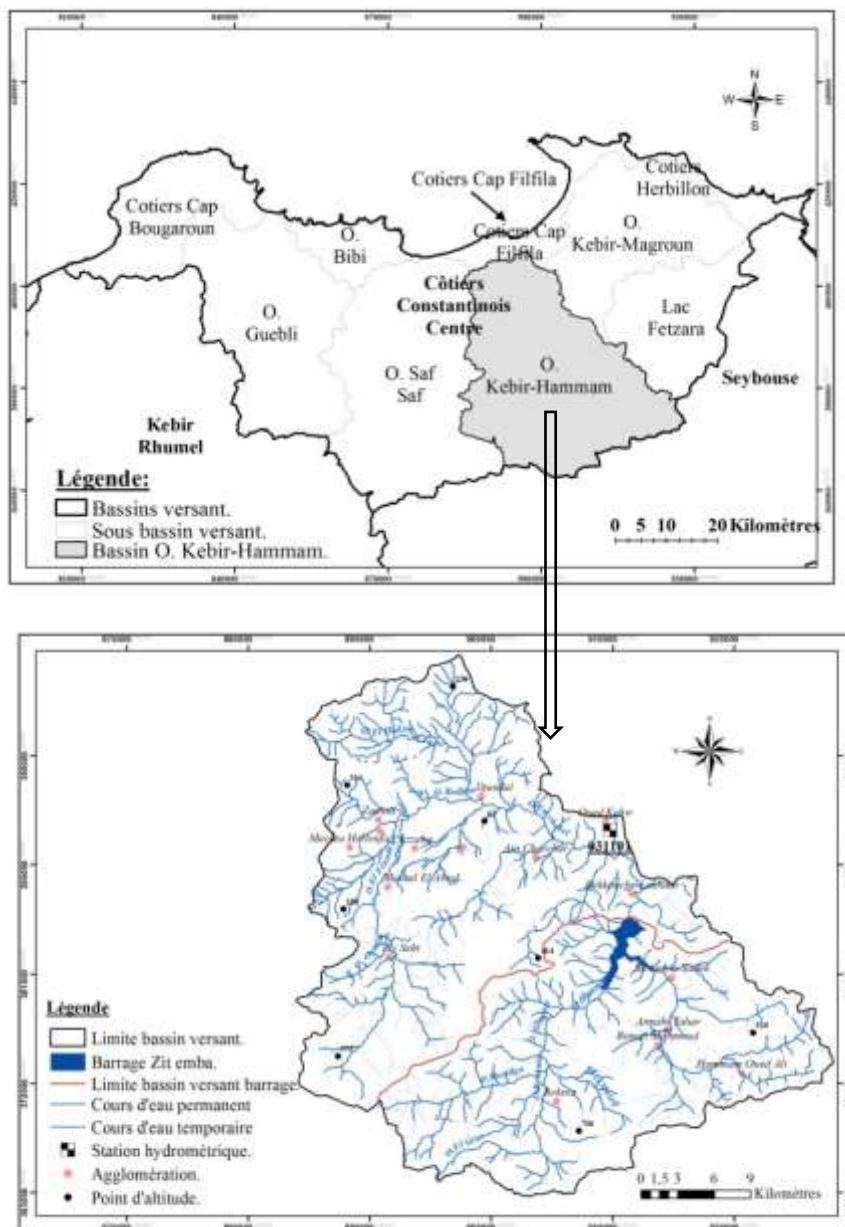


Figure 1 : Situation géographique du Bassin Oued Kebir Hammam

Le bassin compte un seul barrage (Zit Emba) qui se situe dans la partie Sud-Est du bassin. D'une capacité totale de 120 hm³, il est destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable de la ville de Azzaba et de ses environs.

Le bassin est formé en majeure partie par des formations lithologiques (Figure 4) flyschs (Maurétaniens et massyliens) d'âge crétacé (25% de la superficie totale du bassin). Ces formations affleurent au sud du bassin, elles sont composées d'alternances de bancs argileux, calcaires et gréseux. Au Nord et au centre du bassin affleurent des formations calcaires dures (11%). Les

formations marneuses, marno-calcaires et alluviales (21%) se situent au centre du bassin. Ces deux dernières, sont considérées comme des formations friables facilement érodables et sont localisées en zones de pente.

Le territoire du bassin est à vocation essentiellement agricole (Figure 5). La majeure partie de sa superficie est consacrée aux cultures céréalières et maraichères. Ces dernières s'étendent sur une superficie de 530 km² soit 46,9% de la superficie totale du bassin. Les forêts, les maquis et les terrains reboisés occupent près de 49%.

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION ET SA VARIABILITE TEMPORELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR HAMMAM

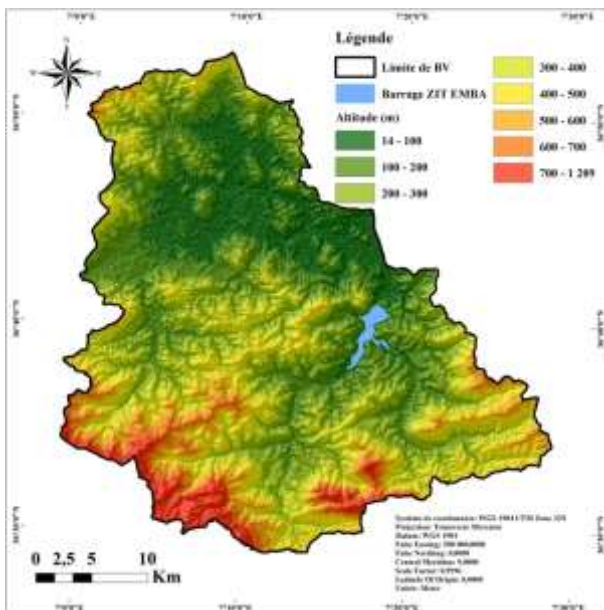


Figure 2 : Les altitudes dans le Bassin

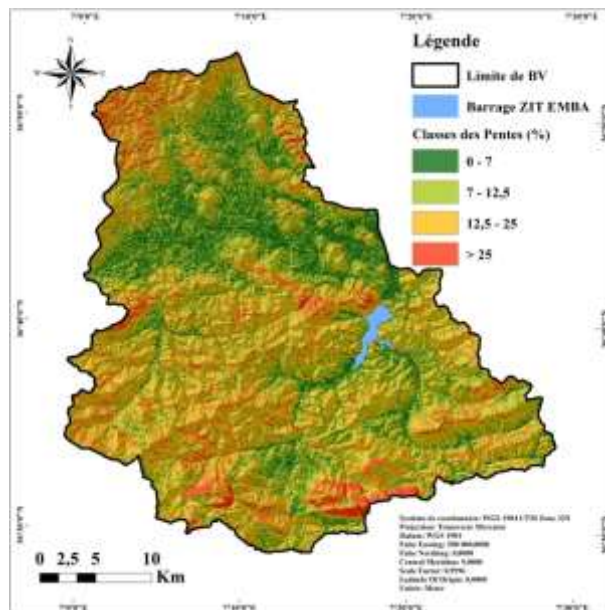
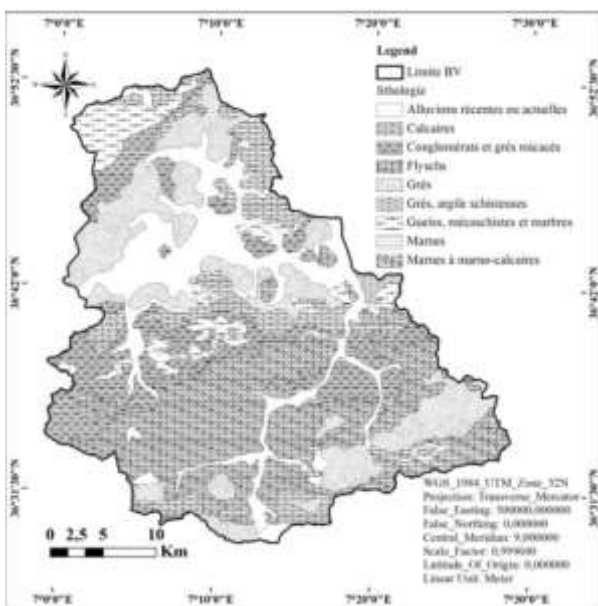


Figure 3 : Les pentes dans le Bassin



La Figure 4 : lithologie

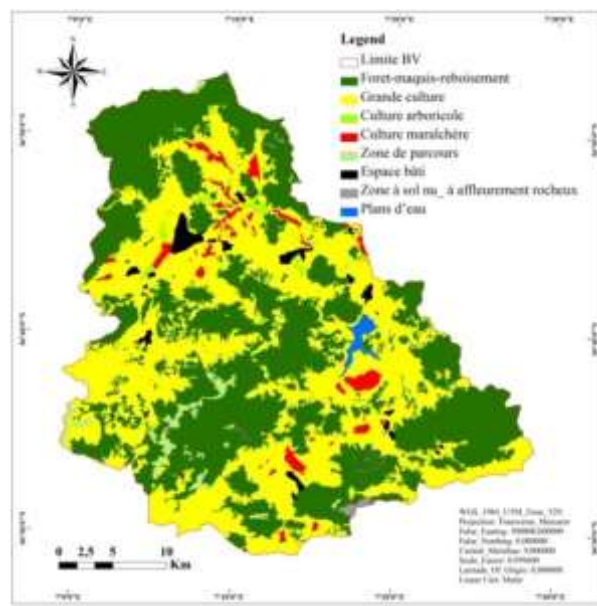


Figure 5 : L'occupation du sol

I.2. Données et méthodes de quantification du transport solide en suspension

En Algérie, les mesures des matières en suspension sont assurées par l'Agence National des Ressources Hydriques (ANRH), depuis plus de quarante ans. Ces mesures, bien que souvent lacunaires pour la majorité des bassins versants et effectuées par des moyens rudimentaires restent toujours le seul support pour l'étude des transports solides.

Les données utilisées pour la quantification (concentrations et débits solides) sont disponibles sur une période de 1980 à 1996, avec une période lacunaire de 10 ans (1981-1995). De ce fait, nous avons utilisé les données enregistrées pour la

période 1970 à 1980 (Figure 6), jugées plus complète et sans lacunes.

En conséquence, sur l'ensemble de couple des valeurs de débit solides et concentrations, nous avons retenu 2405 valeurs. A chaque mesure de débit solide (Q_s) effectuée, correspond une valeur de la charge de la matière en suspension (C). Cette dernière est obtenue à partir d'échantillons d'eau prélevés sur les rives de l'oued au moyen d'un conteneur de 50 cl. Elle est exprimée en (g/l) et est déduite après filtrage et séchage de l'échantillon à l'étuve à 105°C

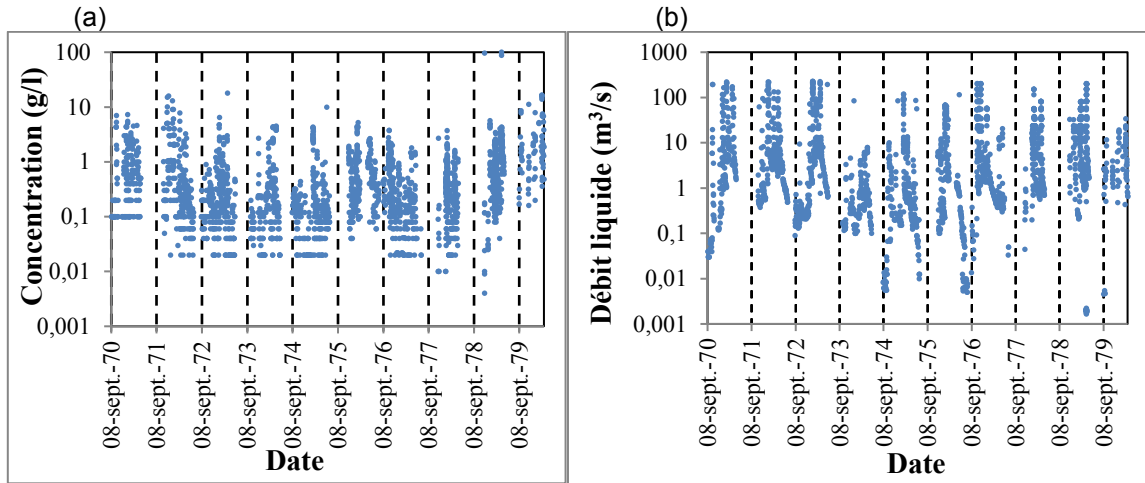


Figure 6: Distribution dans l'année des mesures de (a) concentration en matières en suspension et valeurs des concentrations; et (b) débits liquides et valeurs des débits, à la station de Ain Charchar (1970-1980).

Les données ont permis dans un premier temps de calculer les débits liquides à l'échelle instantanée sur la base de l'équation suivante:

$$Q_s = Q_l * C$$

Ensuite, établir des régressions en puissance en liant les débits solides Q_s (kg/s) aux débits liquides Q_l (m³/s) à différentes échelles temporelles selon l'équation suivante :

$$Q_s = a * Q_l^b$$

(a, b) : représentent les paramètres de la régression.

L'échelle temporelle :

- Interannuelle.
- Période des hautes eaux et basses eaux (déterminées par le coefficient mensuel des débits CMD).
- Saisonnière : automne (septembre à novembre), hiver (décembre à février), printemps (mars à mai), été (juin à juillet).
- Mensuelle,
- Journalière : nous avons choisi de démontrer les apports solides en suspension pour un pas de temps journalier pour l'année dont l'apport en suspension est maximal.

Correction des données par le facteur de correction CF de Jansson et Fergusson

L'emploi de modèle puissance dans un repère arithmétique sous-estime systématiquement les flux annuels à 60%, due à la transformation logarithmique de la relation entre les concentrations C et les valeurs des débits liquides Q_l . Jansson. M.B [17] et Fergusson. R.I [18] développent un facteur de correction qui minimise les sous-estimations des flux. Ce facteur correctif CF

augmente en fonction du degré de dispersion des points autour de la droite de régression. Le facteur de correction est calculé à partir de l'erreur quadratique de la régression logarithmique entre C_i et Q_{li} :

$$CF = 10^{(1,1513\sigma^2)}$$

σ correspond à l'écart type de l'estimation des concentrations entre les concentrations mesurées, C_i et les concentrations estimées, C_i'

Au niveau de la station de Ain Charchar, la valeur du coefficient de correction CF est de 2,03. L'équation prédite pour le calcul du débit solide devient :

$$Q_s = a * Q_l^b * CF$$

Ce modèle statistique a été suffisamment appliqué sur beaucoup de bassins versant algériens, la Medjerda (M. Bourouba, 1998) [5], le Chéllif (H. Bouchelkia [10, 11] etc ... Il a donné de résultats satisfaisants notamment en ce qui concerne la relation débit solide/débit liquide.

II. RESULTATS

II.1.Relation entre débit solide et débit liquide instantanés

Le tableau 1 synthétise les relations obtenues entre les débits liquides et les débits solides instantanés pour les différents pas de temps (Figure 7, 8 et 9). Globalement, les coefficients R montrent une bonne corrélation entre les débits liquides et les débits solides. Inter-annuellement, la valeur de R est de 91%. Saisonnièrement, la relation est beaucoup plus importante en hiver et en automne d'où les coefficients de corrélation respectifs de 91%, et 93%. À l'échelle des deux périodes, hautes eaux et basses eaux, les corrélations sont fortes, R étant respectivement de 90% et 91%.

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION ET SA VARIABILITE TEMPORELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR HAMMAM

Tableau 1 : Les différentes périodes et leurs coefficients de corrélation (1970-1980)

Période	Nombres de valeurs	Coefficient a	Coefficient b	Coefficient de corrélation R	Relation
Inter-annuelle	2405	0,23	1,24	91%	$Q_s = 0,23Q_l^{1,24}$
Automne	422	0,24	1,19	93%	$Q_s = 0,24Q_l^{1,19}$
Hiver	965	0,18	1,39	91%	$Q_s = 0,18Q_l^{1,39}$
Printemps	905	0,25	1,18	87%	$Q_s = 0,25Q_l^{1,18}$
Eté	113	0,13	0,88	84%	$Q_s = 0,13Q_l^{0,88}$
Période hautes eaux	1730	0,23	1,26	90%	$Q_s = 0,23Q_l^{1,26}$
Période basses eaux	675	0,22	1,16	91%	$Q_s = 0,22Q_l^{1,16}$

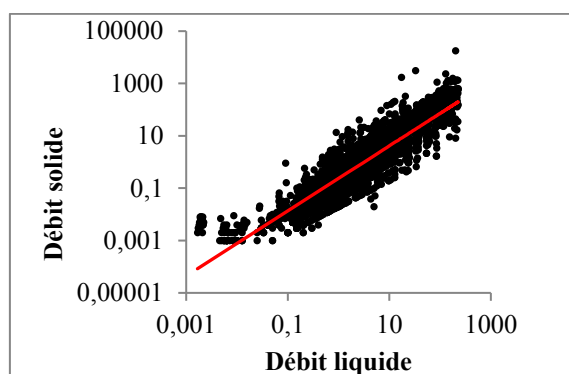


Figure 7: Relation entre les débits solides et les débits Liquides instantanés à l'échelle interannuelle

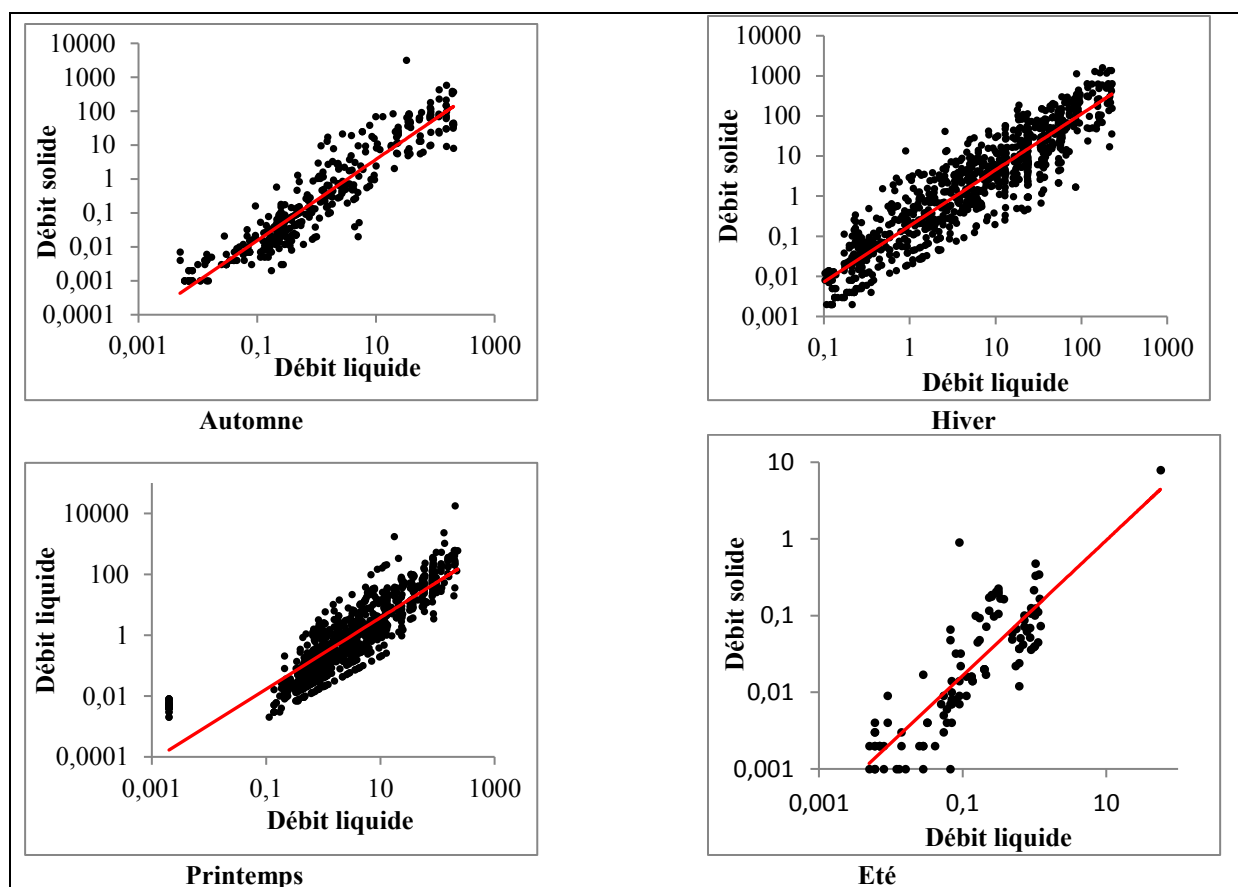


Figure 8 : Relation entre les débits solides et les débits liquides à l'échelle saisonnière

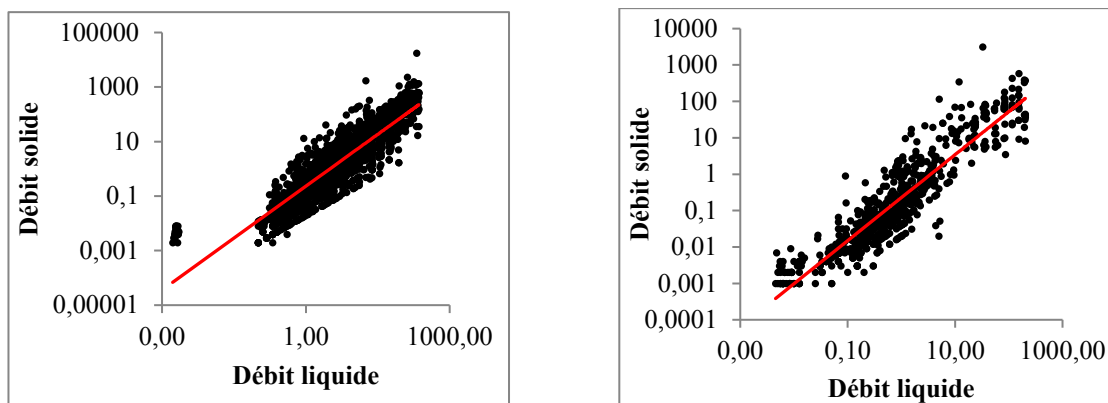


Figure 9: Relation entre les débits solides et les débits liquides en période des Hautes et basses eaux

II.2. Taux d'érosion spécifique et variabilité temporelle

Les valeurs interannuelles des transports solides en suspension pour la période choisie montrent une très grande variabilité. La moyenne interannuelle enregistrée est de 91,10 tonnes/km²/an (Tableau2). Cette variabilité va considérablement dans le même sens que les valeurs des pluies et de l'écoulement. Le plus fort apport a été observé durant l'année hydrologique (1972 /1973) transportant un débit solide de 0,29 million de

tonnes de sédiments, soit une dégradation spécifique de 258 tonnes/km²/an. Cette valeur maximale concorde avec la valeur importante de l'écoulement (245,1 mm) et du débit maximum qui est de 329,9 m³/s. L'apport en suspension minimal est de 0,05 million de tonnes soit une dégradation spécifique de 5,20 tonnes/km²/an. Cette valeur a été enregistrée au cours de l'année hydrologique (1973/1974). Elle est le produit d'une valeur minimale des pluies (325,4 mm), d'un écoulement minimal (12,1 mm) et d'un débit maximal de 22,2 m³/s.

Tableau 2 : Les différentes périodes et leurs coefficients de corrélation (1970-1980)

Paramètres /Années	TSS (tonnes/km ² /an)	Pjmax (mm)	P (mm)	E (mm)	Qjmax (m ³ /s)
70/71	135,4	64,5	636,6	150,3	249,0
71/72	179,4	67,5	680,2	190,8	259,8
72/73	258,0	51,6	577,6	245,1	329,9
73/74	5,2	57,5	325,4	12,1	22,2
74/75	17,3	40,3	491,9	29,0	143,4
75/76	42,5	48,5	652,4	57,4	110,9
76/77	108,3	76,0	499,2	117,9	292,3
77/78	45,4	54,7	440,1	58,2	188,3
78/79	111,5	66,1	682,2	121,5	302,7
79/80	7,7	56,5	613,8	16,4	42,7
Moyenne	91,1		559,9	99,9	

Saisonnement (Figure 10), on constate que les volumes les plus importants de matières en suspension s'annoncent durant la saison hivernale. Elle participe à elle seule pour près de 55% de la somme des apports solides du bassin. Les premières valeurs élevées du transport solide en suspension s'annoncent en automne avec un taux de 11%. Tandis que, l'hiver charrie un débit solide en suspension plus important. Il est de 0,58 million de tonnes, soit une dégradation spécifique moyenne de près de 516,53 tonnes/km². L'importance de cette dégradation est due d'une part, aux labours

effectués en automne (ce qui implique l'absence de la végétation), et d'autre part au fait qu'en cette saison le bassin reçoit les premières pluies érosives. Par conséquent, les débits de la saison qui succède (hiver) augmentent pour devenir de plus en plus importants. Les deux saisons (printemps et hiver) affirment la bonne corrélation trouvée entre le débits solides et liquides lors la période des hautes eaux.

En été, la production en matières solides en suspension est de 0,26. Cette production est presque nulle, en raison de l'absence des pluies et des hauts débits en cette période.

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION ET SA VARIABILITE TEMPORELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR HAMMAM

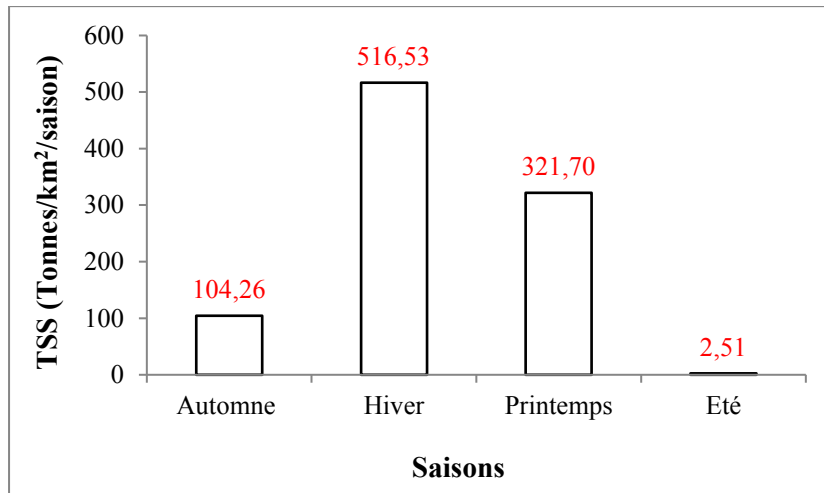


Figure 10: Variation de l'érosion spécifique à l'échelle saisonnière

Du point de vu mensuel, le mois de janvier (Figure 11) a enregistré le plus grand apport charriant un débit solide moyen de 0,030 million de tonnes soit une dégradation spécifique moyenne de 24,32 tonnes/km²/mois. La période de forte érosion va de janvier à avril. Elle correspond à son tours à

la période des hautes eaux. La particularité apparait au mois de décembre où l'apport en suspension est nettement inférieur à la moyenne puisque en cette période (1970-1980) le mois a enregistré un débit de 0,31 m³/s.

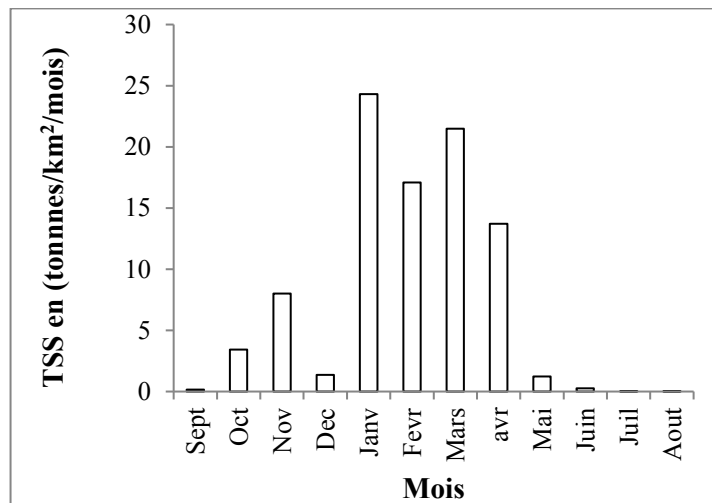


Figure 11: Variation de l'érosion spécifique moyenne à l'échelle mensuelle

En année jugée exceptionnel (1972/1973) (Figure 12), le coefficient de corrélation entre les débits solides et liquides est de 94%. La courbe qui quantifie le transport solide journalier montre que les pics des valeurs des transports solides se concentrent autour de quelques jours (6 à 8 jours en moyenne). Les grands apports journaliers en

suspension s'observent essentiellement entre décembre à avril. La valeur maximale journalière a été observée le 28 mars 1973 (635,7 tonnes/km²/jour). En cette même journée une crue a été enregistrée (Figure 13), avec un débit maximal de 216 m³/s (débit de pointe) et une concentration maximale journalière de 18 g/l.

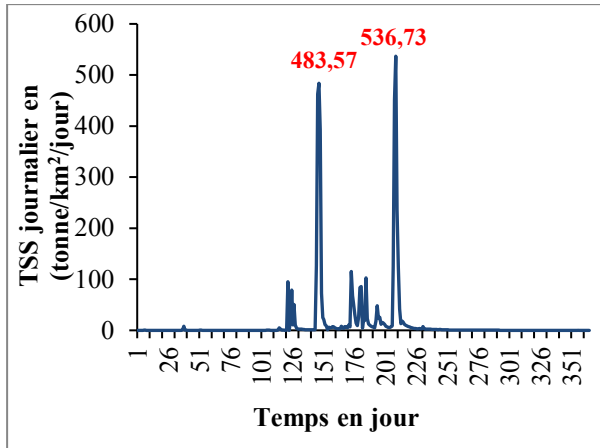


Figure 12 : Variation de l'érosion spécifique à l'échelle journalière en année à la (1972/ 1973)

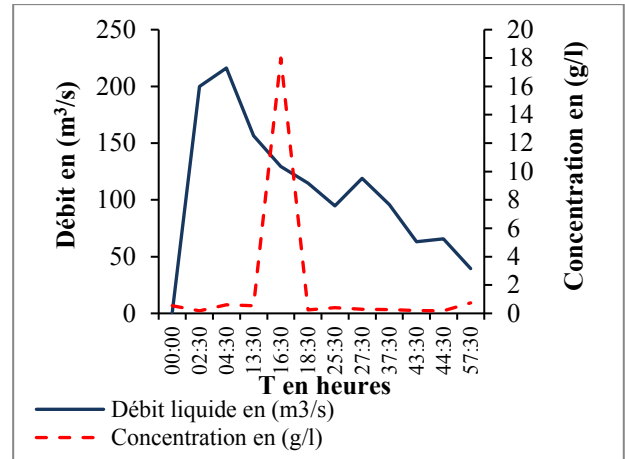


Figure 13 : Hydrogramme horaire de la crue du 28/29 et 30 mars 1973.

En conclusion, les fortes pluies engendrent des forts débits (crue et débits maximums) et par conséquent des forts apports en matières en suspension.

II.3. Relation entre le taux d'érosion spécifique et les pluies (mensuelles et maximales mensuelles)

A l'échelle interannuelle, l'étude de la relation entre le taux d'érosion spécifique, les pluies annuelles et les précipitations maximales, a donné en général des liaisons très faibles. Par contre, les fortes corrélations s'observent à l'échelle

mensuelle. La figure 14 (a) montre qu'il existe une bonne corrélation en exponentielle entre le taux d'érosion spécifique et les pluies à l'échelle mensuelle. Le coefficient de corrélation est de 94% et l'équation est la suivante :

$$TSS = 0,03e^{0,08 * P_{mensuelle}}$$

Une corrélation moyenne entre les pluies maximales (Figure 14 (b)) et le taux d'érosion spécifique est en puissance. Le taux de corrélation est de 78%. Il reste moyen en comparaison des débits maximums étudiés ultérieurement.

$$TSS = 0,0001 * p_{j_{max}}^{2,68}$$

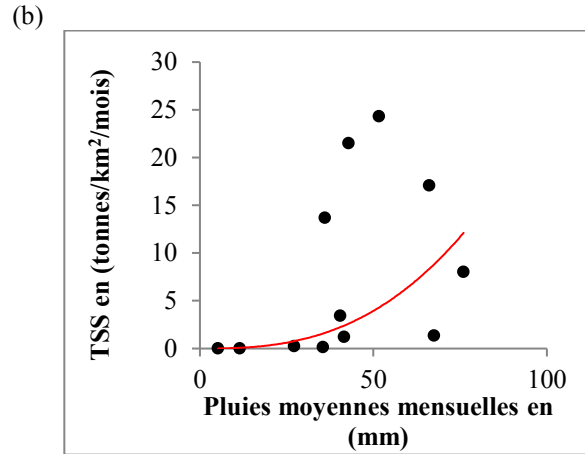
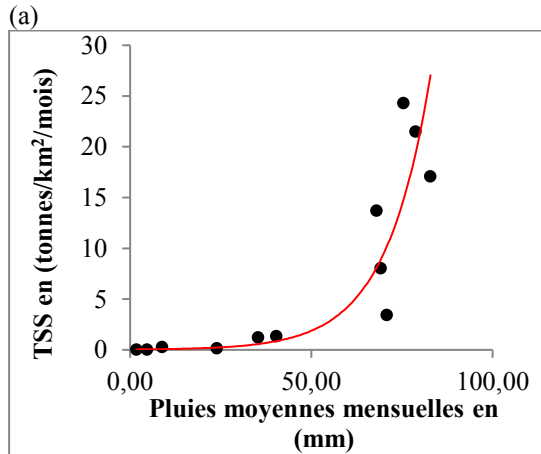


Figure 14: Relation entre le taux d'érosion spécifique et les pluies (a), les pluies maximales et le taux d'érosion (b) à l'échelle mensuelle

II.4. Relation entre le taux d'érosion spécifique et les écoulements maximums

Les débits maximums (Figure 15) montrent à leur tour une bonne corrélation en puissance avec

le taux d'érosion spécifique. Le taux de corrélation est de 93%. L'équation est la suivante :

$$TSS = 0.05 * Q_{max}^{0,88}$$

QUANTIFICATION DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION ET SA VARIABILITE TEMPORELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR HAMMAM

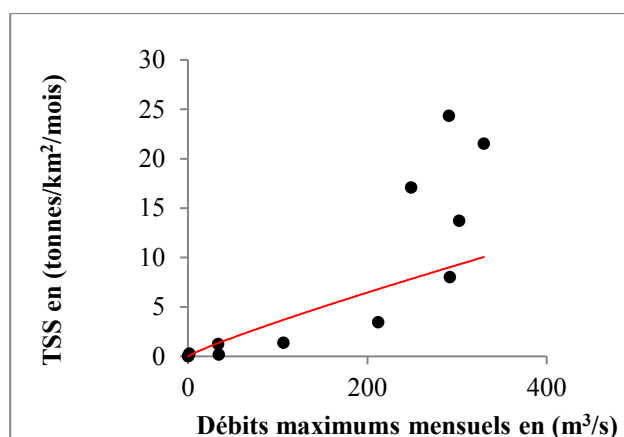


Figure 15: Relation entre le taux d'érosion spécifique et les débits maximums à l'échelle mensuelle

CONCLUSION

Le bassin versant de Oued Kebir Hammam produit en moyenne 91,10 tonnes/km²/an. Cette valeur est relativement faible en comparaison avec d'autres bassins telliens comme le bassin de l'Isser dont la situation est similaire, (180 tonnes/km²/an) (Bouanani A) [12], et le bassin de Oued Medjerda supérieur (113,4 tonnes/km²/an) (Bourouba M) [5]. Le plus fort apport est de 0,29 million, soit une dégradation spécifique de 258 tonnes/km²/an enregistré durant l'année hydrologique (1972/1973).

La recherche d'une liaison entre le taux d'érosion spécifique et quelques paramètres hydroclimatiques influant tels que, les pluies annuelles, les pluies maximales et les débits maximums a permis de déduire des relations particulièrement concordantes à l'échelle mensuelle. Saisonnièrement on enregistre deux saisons de forte érosion, l'hiver et le printemps. Mensuellement, la dynamique érosive du bassin versant de Oued Kebir Hammam se produit au cours de la période allant de janvier à avril. La quantification du taux d'érosivité à l'échelle journalière, à l'exemple des plus forts apports (1972/1973) montre que la production des flux solides est limitée à quelques jours dans l'année. Ces valeurs maximales journalières du taux d'érosion spécifique s'accordent parfaitement avec les valeurs maximales des débits enregistrés lors des grandes et importantes crues.

REFERENCES

- [1] **NAILI M., (2012)**, Désertification, érosion hydrique et dégradation des sols : plus de 50 millions d'hectares menacés en Algérie, in journal El Watan, le 7 mai 2012, N°6553. ISSN : 1111-0333 - <http://www.elwatan.com>.
- [2] **DEMMAK A., (1982)**, Étude sur l'érosion et le transport solide, thèse de doctorat ingénieur, univ. De Paris.
- [3] **BALLAIS JL., (1981)**, Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie).Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris I, VII. P.566
- [4] **AMIRECHE H., (1994)**, Formes et processus érosifs dans le Tell nord constantinois. Cas des bassins des oueds Kotton et Fessa (Algérie). Revue Méditerranée, tome 80, 3-4-1994. Géographie physique de l'Algérie orientale, sous la direction de Jean-Louis Ballais. pp. 41-50.
- [5] **BOUROUBA M., (1998)**, Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides de l'oued Medjerda supérieur (Algérie orientale). Bull. Réseau Érosion 18, 76-97.
- [6] **REMINI B.**, La problématique de l'eau en Algérie du nord. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 08. pp. 27-46. Juin 2010
- [7] **KHANCHOUK K., (2006)**, Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants du Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université Annaba, Algérie.
- [8] **TOUAIBIA B., (2010)**, Problématique de l'érosion et transport solide en Algérie septentrionale. Revue sécheresse. Vol 21, N°1e.pp. 1-6.
- [9] **TOUAIBIA B., (2001)**, Quantification et variabilité temporelles de l'écoulement solide en zone semi-aride, de l'Algérie du Nord. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences hydrologiques, 46 (1).pp. 41-53. February 2001.
- [10] **BOUCHELKIA H., REMINI B., (2003)**, Quantification du transport solide dans le bassin versant Algérien du Cheliff. Ingénieries N°33.pp. 43-56.mars 2003.

- [11] **BOUCHELKIA H., BELARBI F. et REMINI B. (2011)**, Quantification du transport solide en suspension par analyse statistique : cas du bassin versant de Mouilah. *Revue scientifique et technique. LJEE* N°19.Décembre 2011,pp.29-41.
- [12] **BOUANANI A., (2004)**, Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat, Univ Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- [13] **TATAR H., TOUIL S., et AMIRECHE H (2012)**, Protection des milieux naturels contre l'érosion hydrique et développement durable en milieu Atlasique algérien : Cas de quelques bassins de l'Aurès central (Algérie). *Revista de geomorfologie* vol. 14. pp. 39-47.
- [14] **LOUAMRI A., (2010)**, Contribution à L'évaluation des Transports Solides de L'oued Bouhamdane a la Station de Medjez Ammar II et a Barrage de Hammam Debagh. *International Network Environmental Management Conflicts, Santa Catarina – Brasil*, 1(1), pp. 23-29, jan./jun. 2010
- [15] **LOUAMRI A., (2013)**, Le bassin-versant de la seybouse (Algérie orientale): Hydrologie et Aménagement des Eaux. Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Constantine1, Algérie.
- [16] **LOUAMRI A., MEBARKI A., et LAIGNEL B.,(2013)**, Variabilité interannuelle et intra-annuelle des transports solides de l'Oued Bouhamdane, à l'amont du barrage Hammam Debagh (Algérie orientale). *Journal des Sciences Hydrologiques*, 58 (7), 1–14.
- [17] **JANSSON, M. B. (1985)**, A Comparison of Detransformed Logarithmic Regressions and Power Function Regressions. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 67(1/2), 61-70. doi:10.2307/520466.
- [18] **FERGUSON R. I., (1986)**, River loads unde restimated by rating curves. *Water Resources Research*, 22(1), 74- 76.