

Contribution à l'étude du transport solide en Algérie du nord

MOHAMED MEDDI, ABDELKADER KHALDI & HIND MEDDI

Institut d'Hydraulique, Université de Mascara, BP 763, 29000 Mascara, Algérie

Résumé On présente ici un travail sur le transport solide dans les pays du Maghreb Arabe. L'application des différents modèles existants de prévision de la dégradation spécifique donne une différence considérable entre les valeurs mesurées et celles estimées. Nous avons développé des modèles liant la dégradation spécifique au débit liquide moyen annuel et la superficie. Pour cela, nous avons utilisé les données de barrages Algériens, Marocains et Tunisiens ainsi que les données obtenues au niveau des stations hydrométriques Algériennes. Le modèle choisi est basé sur les données de l'ensemble des barrages et celles des stations hydrométriques. Ensuite, le modèle a été testé sur 10 stations hydrométriques où les données de la dégradation spécifique sont disponibles. Les résultats trouvés sont satisfaisants. Les erreurs sur l'estimation de la dégradation spécifique, pour les 10 stations, sont inférieures à 10%.

INTRODUCTION

L'envasement et le transport solide constituent, par leurs importances, un problème majeur dans les pays du Maghreb. L'érosion, le transport solide et la sédimentation sont la cause de la dégradation des sols agricoles, l'alluvionnement des retenues et de nombreux dégâts dont les coûts sont considérables. En Algérie, par exemple, les études d'aménagement hydromécaniques butent sur le problème de manque de données sur le transport solide afin d'évaluer son importance. Cela conduit l'Ingénieur à utiliser les méthodes empiriques disponibles pour évaluer les quantités solides transportées annuellement par le cours d'eau étudié.

Pour cela, nous avons jugé intéressant d'établir un modèle qui permet de calculer le transport solide, à l'échelle annuelle, en fonction de deux paramètres disponibles au niveau de l'ensemble des bassins versants contrôlés par des stations hydrométriques à savoir: le débit liquide et la superficie. Pour donner plus de signification au modèle, nous avons utilisé les données (les trois variables) de 18 barrages Algériens en exploitation, de 50 stations hydrométriques Algériennes, de 11 barrages Tunisiens en exploitation et de 16 barrages Marocains en exploitation.

DONNEES UTILISEES

Dans ce travail, nous avons utilisé la dégradation spécifique annuelle, le débit liquide moyen annuel et la superficie. Les données correspondant aux barrages Marocains ont été tirées de l'étude de Lahlou (1994). Celles des barrages Tunisiens ont été tirées de l'article de Saadaoui (1991).

Pour l'Algérie, la dégradation spécifiques des bassins versants alimentant des

barrages a été calculée à partir des levés bathymétriques relevées à différentes dates. Celles des stations hydrométriques ont été calculées à partir des mesures effectuées au niveau de celles-ci par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

La critique des données des bassins versants Algérien a été menée pour chaque station hydrométrique (débit liquide et débit solide) afin de vérifier leurs homogénéités et leurs représentativité. Le nombre très important de données traitées ne permet pas de les présenter ici. Les données utilisées dans ce travail touchent: 18 barrages Algériens en exploitation, 50 stations hydrométriques Algériennes, 11 barrages Tunisiens en exploitation, et 16 barrages Marocains en exploitation.

MISE EN EVIDENCE DU PROBLEME A TRAITER

L'étude effectuée par Saidi (1991) a montré l'état très avancé d'envasement des barrages Algériens, Table 1. Ce phénomène est dû principalement à une érosion très active dans les bassins versants Algériens (Meddi, 1992; Demmak, 1982) et Maghrébins (Lahlou, 1994; Saadaoui, 1991). Le phénomène d'érosion est dû, en Algérie, aux caractères très irrégulier et agressif des pluies essentiellement celles de la saison d'automne (Meddi, 1992; Meddi & Tahri, 1993). Pour cela, nous avons estimé nécessaire d'établir une expression permettant le calcul de la dégradation spécifique en Algérie du nord nécessaire à toute étude d'aménagement là où le débit solide fait défaut. Pour donner plus de signification à cette relation, on introduit des données des pays voisins: Maroc et Tunisie.

Table 1 Dégradation spécifique ($t \text{ km}^2 \text{ an}^{-1}$) de quelques bassins versants Algériens alimentant des barrages en exploitation (Saidi, 1991).

| Ghrib | Cheurfas | K'sob | Oued Fodda | Ighil Emda | Sarno | Hamiz | Bakhada | Sidi B.Aouda |
|-------|----------|-------|------------|------------|-------|-------|---------|--------------|
| 111 | 41 | 198 | 2098 | 2493 | 234 | 690 | 122 | 213 |

METHODE UTILISE

Afin d'établir les relations entre la dégradation spécifique (variable expliqué) et les paramètres explicatifs: le débit liquide moyen annuel et la superficie des bassins versants étudiés, nous avons employé la régression multiple "pas à pas" (Draper & Smith, 1983; Tomassone, 1987). Les variables ont subi une transformation logarithmique pour linéaires les relations et d'assuré une plus grande homoscedasticité des résidus (Humbert, 1990). Tous les coefficients de corrélation partiels et multiples ont été contrôlés par les tests de validité. Les équations sont présentées sous la forme suivante :

$$Y = aX_1^b X_2^c \dots \quad (1)$$

où Y = variable expliquée (dépendante); X_1 et X_2 = variables explicatives (indépendantes: a = constante de régression et b , c = coefficients de régression.

RESULTATS ET COMMENTAIRES

L'étude de l'érosion, du transport solide et de l'envasement des barrages a fait l'objet de nombreux travaux effectués par de nombreux auteurs (e.g. Tixeront, 1960; Capolini 1965–1969 in Demmak, 1982). Etude des aires d'irrigations: Demmak (1982), Meddi (1992), Meddi & Tahri (1993), Saidi (1991) etc. Ils ont tenté de montrer l'influence des différents paramètres (pluviométrie, ruissellement, lithologie, couvert végétal) sur l'érosion et par conséquent sur le transport solide.

En zone méditerranéenne et semi-aride, l'énergie de ruissellement est plus importante que celle de la pluie (Heusch, 1970; Meddi, 1992). Suivant ce résultat, on a fait intervenir le débit liquide moyen annuel comme facteur explicatif des variations de la dégradation spécifique.

Nous allons essayer de trouver une relation permettant d'estimer la dégradation spécifique ($t \text{ km}^{-2} \text{ an}^{-1}$), à l'échelle annuelle, en fonction de deux paramètres explicatifs disponibles au niveau de l'ensemble des cours d'eau à savoir: le débit liquide ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) et la superficie (km^2). Dans un premier temps, nous avons utilisé des données mesurées au niveau de bassins versants et des barrages en exploitation de l'Algérie. Dans un deuxième temps, nous avons ajouté à ces dernières des données de barrages Marocains et Tunisiens.

Après avoir utilisé l'ensemble des données en les regroupant pour pouvoir obtenir le meilleur coefficient de corrélation, nous avons abouti aux résultats suivants (Table 2). Tous les coefficients de corrélation sont significatifs (test sur les coefficients de corrélation partielle et multiple au seuil de 95%).

Afin de valider et de trouver le meilleur modèle donnant la dégradation spécifique en fonction des deux paramètres explicatifs (le débit liquide moyen interannuel et la superficie), nous avons sélectionné 10 stations hydrométriques testes (Table 3), au niveau desquelles des mesures de transport solide existent. Dans le souci de représenter l'ensemble des bassins versants de l'Algérie du nord, nous avons pris: quatre bassins versants de l'ouest du pays, trois bassins versants du centre du pays et trois bassins versants de l'est du pays.

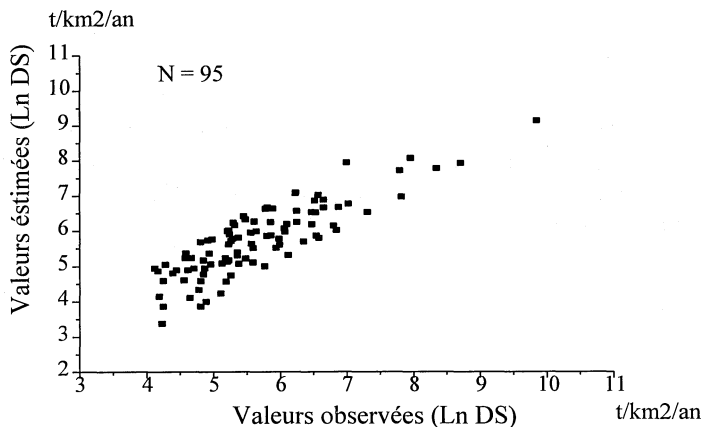


Fig. 1 Valeurs observées et valeurs estimées de la dégradation spécifique.

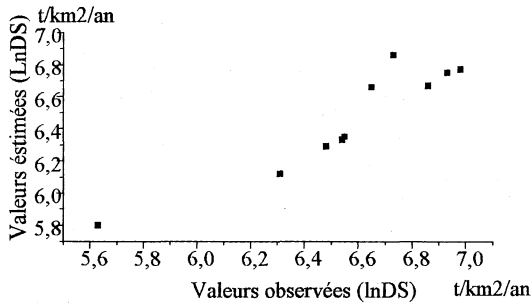


Fig. 2 Valeurs observées et valeurs estimées de la dégradation spécifique (station hydrométriques tests).

En appliquant les différents modèles sur les 10 stations testées, il a été montré que la relation établie, en utilisant les données de l'ensemble des barrages (Algériens, Marocains et Tunisiens) et celles des stations hydrométriques algériennes, donne les meilleurs résultats. L'application de ce modèle donne des valeurs estimées avec une erreur inférieure à 20% pour l'ensemble des bassins versants testés. Ce modèle est recommandé pour l'estimation de la dégradation spécifique en fonction du débit liquide et de la surface au niveau de site de projet où les mesures font défaut. Cela

Table 2 Expressions retenues donnant la dégradation spécifique ($t \text{ km}^{-2} \text{ an}^{-1}$) en fonction du débit liquide ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) et de la superficie (km^2) à l'échelle annuelle.

| Données retenues | Expressions | Coefficient de corrélation | Erreurs* |
|---|---|----------------------------|---|
| Algérie = barrages (18) + stations hydrométriques (50) Maroc = barrages (16) Tunisie = barrages (11) $N = 95$ | $D_s = 3286.24 Q_l^{-0.234} S^{-0.197}$ | 0.82 | 37.5% < 5% 62.5% < 10% 100% < 20% |
| Algérie = barrages (18) Maroc = barrages (16) Tunisie = barrages (11) $N = 45$ | $D_s = 3754.09 Q_l^{-0.34} S^{-0.142}$ | 0.89 | 35.48% < 5% 74.19% < 10% 100% < 20% |
| Algérie = barrages (18) + stations hydrométriques (50) $N = 86$ | $D_s = 9313.31 Q_l^{0.079} S^{-0.548}$ | 0.77 | 26.67% < 5% 53.33% < 10% 90% < 20% |
| Maroc = barrages (16) Tunisie = barrages (11) $N = 27$ | $D_s = 31697.72 Q_l^{0.204} S^{-0.527}$ | 0.84 | 44% < 5% 68% < 10% 100% < 20% |
| Algérie = barrages (18) Maroc = barrages (16) $N = 34$ | $D_s = 9802.57 Q_l^{-0.469} S^{-0.212}$ | 0.84 | 38.46% < 5% 65.38% < 10% 96.15% < 20% |
| Algérie = barrages (18) Tunisie = barrages (11) $N = 29$ | $D_s = 31697.72 Q_l^{-0.26} S^{-0.242}$ | 0.82 | 24% < 5% 44% < 10% 92% < 20% |

* 37.5% des résidu ont une valeur < 5%,
62.5% des résidu ont une valeur < 10%,
100% des résidu ont une valeur < 20%.

Table 3 Résultats donnés par le modèle trouvé sur les 10 stations testées.

| Oued | Station | Valeurs réels de la dégradation spécifique ($t\ km^{-2}\ an^{-1}$) | Valeurs estimées de la dégradation spécifique ($t\ km^{-2}\ an^{-1}$) | Erreurs (en valeurs absolues) | Erreurs (%) |
|---------------|-----------------|--|---|-------------------------------|-------------|
| El Harrach | Hammam Melouane | 950 | 791.49 | 158.51 | 16.69 |
| Assif Tala | R.N. 25 | 1080 | 873.85 | 206.15 | 19.09 |
| El Hay | El Kantra | 550 | 453.73 | 96.27 | 17.50 |
| Choulay | R.N. 7 | 7727 | 782.81 | 10.11 | 1.31 |
| Isser | Remchi | 700 | 572.53 | 127.47 | 18.21 |
| Oued Ebda | Arib Ebda | 1025 | 855.85 | 169.15 | 16.50 |
| Oued Medjerda | Souk Ahras | 835 | 956.60 | 121.60 | 14.56 |
| Oued Sly | Oued B. Abdel | 695 | 560.76 | 134.24 | 19.32 |
| Seybousse | Bouaroua | 280 | 331.77 | 51.77 | 18.49 |
| Oued Rhiau | Ammi-Moussa | 650 | 537.50 | 112.50 | 17.31 |

doit être fait avec prudence. Les résultats trouvés doivent également faire l'objet de critique et comparaison avec des bassins versants voisins.

CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous pouvons dire que le modèle trouvé peut être utilisé pour estimer le transport solide en Algérie du nord. Ce modèle doit être manipulé avec prudence afin d'éviter les erreurs qui peuvent être engendrées par son application. Les résultats montrent l'existence de relation entre la dégradation spécifique, le débit liquide et la superficie. L'importance du modèle réside dans la disponibilité des facteurs explicatifs sur pratiquement l'ensemble des cours d'eau Algériens.

REFERENCES

- Demmak, A. (1982) Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Doct. Ing. Paris.
- Draper, N. R. & Smith, H. (1981) *Applied Regression Analysis*, 2nd edn. Wiley, New York.
- Heusch, B. (1970) L'érosion du Prérif occidental. *Annales de la Recherches Forestières au Maroc* **12**, 9-176. Rabat.
- Humbert, J. (1990) Intérêt de la densité de drainage pour régionaliser les données hydrométriques en zone montagneuse. In: *Hydrology in Mountainous Regions. 1—Hydrological Measurements; The Water Cycle* (ed. par H. Lang & A. Musy) (Proc. deux Lausanne Symposia, août 1990), 373-380, IAHS Publ. no 193.
- Lahlou, A. (1994) *Envasement des Barrages au Maroc*. Edition Wallada, Casablanca, Maroc.
- Meddi, M. (1992) Hydro-pluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie). Doct. Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Meddi, H. & Tahri, F. (1993) Etude du transport solide dans le bassin versant de Kebir Rhumel. *Mém. d'Ing. d'Etat. Université de Blida, Algérie*.
- Saadaoui, M. (1991) Erosion et transport solide en Tunisie: impact sur l'infrastructure. In: *Colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages* (Alger, décembre 1991), 18-43. Publ. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger.
- Saïdi, A. (1991) Erosion spécifique et prévision de l'envasement. In: *Colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages* (Alger, décembre 1991), 204-226. Publ. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger.
- Tixeront, J. (1960) Débit solide des cours d'eau en Algérie et en Tunisie. In: *Assemblée Générale d'Helsinki 25 juillet-6 août*, 26-41. IAHS Publ. no. 53.
- Tomassone, R. (1987) *Comment interpréter les résultats d'une régression linéaire?* Publ. de l'Inst. Technique des Céréales et des Fourrages, Paris.