

# Variabilité de l'érosion hydrique dans le bassin du Hodna: cas du sous-bassin versant de l'oued elham

M. HASBAIA<sup>1</sup>, A. HEDJAZI<sup>1</sup> & L. BENAYADA<sup>2</sup>

(Reçu le 15/01/2012; Accepté le 15/03/2012)

## Résumé

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 26 000 km<sup>2</sup> est le cinquième grand bassin de l'Algérie, Il est situé à 150 km à vol d'oiseau au sud de la côte méditerranéenne (Golf de Bejaïa).

La situation du bassin du Hodna entre deux séries de montagnes au nord et au sud, organise le bassin autour d'une cuvette fermée presque plate à 400 m d'altitude dite Chott El Hodna (1 150 km<sup>2</sup>). Cette cuvette reçoit les apports liquides et solides des 17 oueds du Hodna dont l'Oued El ham est le plus grand drainant un sous bassin d'une superficie de 5604 km<sup>2</sup>. Le climat de ce dernier est typiquement semi-aride, caractérisé par des précipitations irrégulières et agressives. Sa précipitation moyenne annuelle est de l'ordre de 185 mm associée à une forte variabilité (coefficient de variation interannuelle  $C_v = 40\%$  pendant 38 années hydrologiques 1968-2006).

Les apports liquides et solides de l'oued El ham sont mesurés par une station hydrométrique (appelée Rocad Sud) placée à l'exutoire du bassin. Dans cette étude, nous utilisons 1293 enregistrements instantanés de débits liquides et concentrations des sédiments en suspension, ce nombre de données couvre une période de 20 années hydrologiques 1968-1989

Oued El ham, transporte annuellement en moyenne 94 Millions de m<sup>3</sup> d'eau (avec  $C_V = 1.2$ ) et 2.97 millions de tonnes de sédiments (avec  $C_v = 1.0$ ), soit une charge spécifique des sédiments de l'ordre de 530 T/km<sup>2</sup>/an. La comparaison des résultats obtenus à d'autres bassins algériens montre que l'érosion hydrique dans ce bassin est parmi les plus importantes en Algérie, avec une variabilité interannuelle de l'ordre de 100%.

Les apports de l'oued El ham sont déversés dans le chott Hodna (1150 km<sup>2</sup>), durant la période de cette étude de 21 ans, l'apport solide de l'oued El ham a contribué à l'élévation de la cote terrain du chott de 20 cm en moyenne. Ce qui menace les villages situés dans cette zone (Chelal, Baneou, Maarif...).

L'analyse des données à l'échelle saisonnière montre que la plus grande partie de l'érosion hydrique (soit 31.72%) est observée en automne. A l'échelle mensuelle la variabilité est de l'ordre de 80%, durant la période de l'étude plus de la moitié du transport solide est observée en trois mois septembre (18.40%), avril (17.81%) et juin (18.82%). En fait, les crues de début d'automne et de fin de printemps sont responsables de la grande partie de l'érosion.

**Mots-clés:** Hodna, oued El ham, Chott, Erosion hydrique, Transport solide, Bassin versant

## INTRODUCTION

L'Algérie comme les autres pays de l'Afrique du Nord (Maghreb arabe) est parmi les régions les plus érodables dans le monde (Probest et Suchet (1992), plusieurs travaux ont été consacrés à l'évaluation de la dégradation des terres dans cette région (Tableau 1).

Pour l'Algérie, les premières mesures de l'érosion hydrique et du transport solide ont débuté en 1946 à la station hydrométrique de la Traille qui contrôle le haut bassin de l'oued Isser (Medinger, 1960, Demmak 1982). Au fur et à mesure de l'installation d'autres stations, plusieurs études ont été menées pour la quantification et l'étude de l'érosion hydrique et le transport solide : (Medinger 1960, Tixeront 1960, Capolini 1967 a,b, Capolini et al 1969).

**Tableau 1. La dégradation spécifique du sol ( $A_{ss}$ ) dans le Maghreb (d'après Probest and Suchet (1992))**

| Source                                   | $A_{ss}$<br>t/km <sup>2</sup> /an |
|--|-----------------------------------|
| Fournier (1960)                          | 60-600                            |
| Strakhov (1967)                          | 10-50                             |
| Heusch and Milliès-Lacroix (1971)        | 265-2569                          |
| Dedkov and Mozzherin (1984)              | 100-250                           |
| Walling (1984)                           | 1000-5000                         |
| Walling and Webb (1987)                  | >500                              |
| Snoussi (1988) (pour le Maroc seulement) | 750                               |
| Probest and Suchet (1992)                | 504                               |

Pendant les années 70, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a installé un nombre important

<sup>1</sup> Université de M'sila, département de Génie Civil et d'Hydraulique, M'sila, Algeria, Hasbaia\_moud@hotmail.com

<sup>2</sup> Université USTO d'Oran, Oran, Algérie, Benayada@usto.dz

**Tableau 2. ordre de grandeur de l'érosion hydrique dans des bassins en Algérie**

| Sources                        | Basin versant   | Période   | S Km <sup>2</sup> | P (mm)  | C (g/l)   | Ass T/km <sup>2</sup> /an |
|--------------------------------|-----------------|-----------|-------------------|---------|-----------|---------------------------|
| Terfous <i>et al.</i> (2001)   | Oued Mouilah    | 1977-1993 | 2650              | 300.9   | -         | 126.4                     |
| Megnounif <i>et al.</i> (2003) | La haute-Tafna  | 1988-1993 | 256               | 345-527 | 0.4-14.05 | 24-4288                   |
| Boudjadja <i>et al.</i> (2003) | Oued. Allalah   |           | 295               |         |           | 2701                      |
|                                | Oued Damous     |           | 577               |         |           | 2879                      |
|                                | Oued Es Sebt    |           | 112               |         |           | 2950                      |
|                                | Oued Messelmoun |           | 218               |         |           | 3029                      |
|                                | Oued Elhachem   |           | 217               |         |           | 2905                      |
| Achite et Meddi (2004)         | Oued Haddad     | 1973-1995 | 470               | 200-379 | -         | 287                       |
| Ghenim <i>et al.</i> (2007)    | Oued Sebdou     | 1985-1998 | 256               | 188-597 | 1.24-21.1 | 107-5876                  |
| Achite et Ouillon (2007)       | Oued Abd        | 1973-1995 | 2480              | 174-303 |           | 136                       |
| Hasbaia <i>et al.</i> (2010)   | Oued Soubella   | 1974-1989 | 183.5             | 288.5   | 0.1-182.3 | 126                       |

S: surface du bassin versant, P: précipitation, C: concentration des sédiments en suspension

de stations hydrométriques, ce qui a permis de mener plusieurs études (Demmak 1982, Demmak *et al.* 1991, Meddi 1992, Reimini *et al.* 1997, Touibia 2000, Terfous *et al.* 2001, Megnounif *et al.* 2003, Benkhaled et Remini 2003, Bouanani 2004, Bouteldja 2005, Ghenim *et al.* 2007, Achite et Ouillon 2007 et Hasbaia *et al.* 2010) (tableau 2).

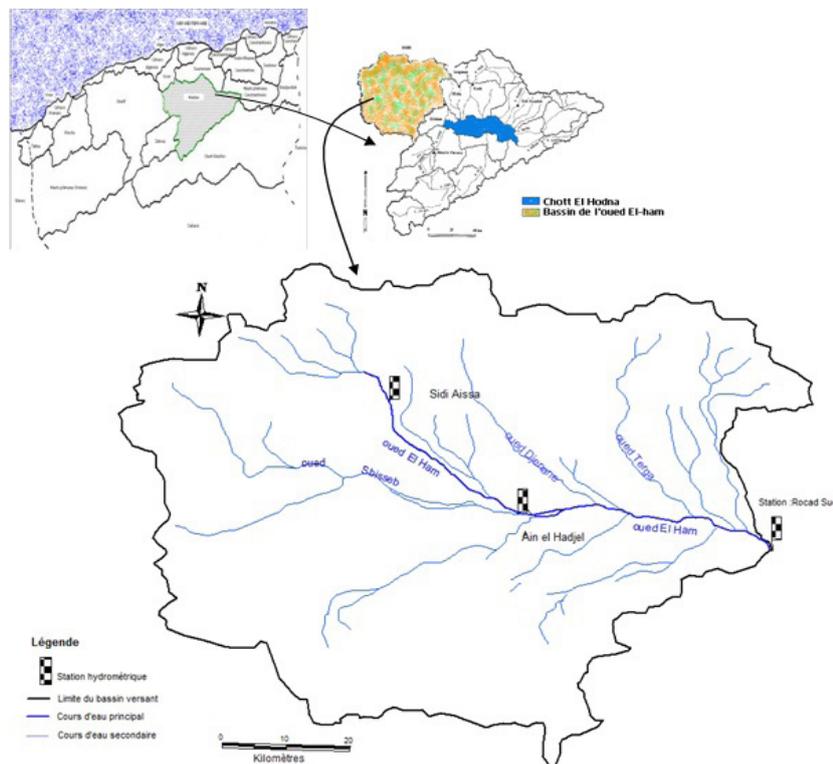
Ces exemples montrent l'enjeu majeur de l'érosion hydrique non seulement pour l'Algérie, mais aussi pour les pays semi-arides. Au Maroc, près de 10% du volume des barrages est comblé par les sédiments. En Tunisie, la proportion est plus forte, soit 25% (Benblidia *et al.* 2001). La gravité de l'érosion hydrique réside à la fois dans les taux importants en plus de la variabilité spatio-temporelle du phénomène.

Dans cet article nous estimons et nous étudions l'érosion hydrique, ainsi que sa variabilité dans le

temps pour le bassin versant de l'oued El ham situé dans la région du Hodna au centre de l'Algérie

## PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 26 000 km<sup>2</sup> est le cinquième grand bassin de l'Algérie (Figure 1), Il est situé à 150 km à vol d'oiseau au sud de la côte méditerranéenne (Golf de Bejaïa). L'altitude des sommets des monts du Hodna diminuant d'est en ouest oscille entre 1900 et 1000 m, tandis qu'au Sud quelques sommets situés dans l'atlas saharien atteignent 1200 m. La situation du bassin du Hodna entre deux séries de montagnes au nord et au sud organise le bassin autour d'une cuvette fermée presque plate à 400 m d'altitude, et qui reçoit l'écoulement des eaux superficielles de la région. Au centre de cette cuvette, le chott El Hodna a



**Fig. 1. Situation et Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued El ham**

une superficie de 1 150 km<sup>2</sup>. Le bassin versant de l'Oued El-Ham est situé au nord-ouest du bassin du Hodna dont il occupe toute l'intégralité de cette partie, le bassin se localise géographiquement entre 35°15' et 36°15' de latitude Nord et entre 3° et 4°15' de longitude Est. Il draine une surface de 5605 km<sup>2</sup> (avec un périmètre de 360 km) jusqu'à la station hydrométrique de la Rocade-Sud se trouvant à l'exutoire du bassin (Figure 1).

Les caractéristiques morphométriques du bassin sont récapitulées dans le tableau 3.

**Tableau 3. Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'oued El ham**

| Caractéristique                                | symbole          | unité              | valeur |
|--|------------------|--------------------|--------|
| Superficie du bassin versant                   | A                | Km <sup>2</sup>    | 5605   |
| Périmètre                                      | P                | Km                 | 360    |
| Altitude maximale                              | H <sub>max</sub> | m                  | 1700   |
| Altitude moyenne                               | H <sub>moy</sub> | m                  | 717.22 |
| Altitude minimale                              | H <sub>min</sub> | m                  | 440    |
| Altitude correspondante à 5% de surface du BV  | H <sub>5%</sub>  | m                  | 972.73 |
| Altitude correspondante à 50% de surface du BV | H <sub>50%</sub> | m                  | 701.20 |
| Altitude correspondante à 95% de surface du BV | H <sub>95%</sub> | m                  | 512.82 |
| Indice de compacité                            | K <sub>c</sub>   | -                  | 1.37   |
| La pente moyenne                               | I                | %                  | 41.39  |
| Indice de pente globale                        | I <sub>g</sub>   | %                  | 3.64   |
| Longueur du talweg principal                   | L <sub>p</sub>   | Km                 | 104.6  |
| Longueur du rectangle équivalent               | L                | Km                 | 126.52 |
| Largeur du rectangle équivalent                | l                | Km                 | 44.67  |
| Densité de drainage                            | D <sub>d</sub>   | km/km <sup>2</sup> | 0.44   |
| Coefficient de torrentialité                   | C <sub>t</sub>   | Km                 | 0.037  |
| Temps de concentration                         | T <sub>c</sub>   | Heure              | 34.28  |
| Vitesse de ruissellement                       | V <sub>r</sub>   | Km/h               | 3.05   |

Le climat de la région est semi-aride, caractérisé par des pluies en hiver et une sécheresse en été. La précipitation moyenne interannuelle sur tout le bassin de l'oued El ham est de 185 mm, avec une forte variabilité interannuelle (Coefficient de Variation interannuel CV = 0.40).

Les températures maximales moyennes dans le bassin varient de 24° à 27 °C en plaine et de 19° à 21°C sur les zones d'altitude. De même pour les températures minimales moyennes, elles varient de 9° à 12°C en plaine, et de 19° à 21°C sur les zones d'altitude. Le gradient thermique annuel en fonction de l'altitude est de 0.75 °C pour chaque 100 m d'altitude (Boutheldja, 2005).

## DONNÉES HYDROLOGIQUES

L'étude est basée sur les mesures instantanées des débits liquides et les concentrations des sédiments en suspension effectuées par l'ANRH. Pour le bassin versant de l'oued El ham, il dispose de trois stations hydrométriques, deux stations (Ain N'ssissa et Ced Fages) contrôlant des affluents et la troisième installée à l'exutoire contrôle tout le bassin (figure 1). Dans cette étude, on s'est limité

aux données de la station hydrométrique de l'exutoire dite Rocade sud (X=35° 38' 01" N, Y=4° 16' 30" E, Z = 639m). Ces données au nombre de 1293, couvrent une période de 21 ans de 1968 à 1989. En période normale ou en étiage, les débits ne varient pas beaucoup et les mesures sont limitées à une mesure quotidienne. En période des crues, les mesures sont intensifiées selon la variation du débit, nous pouvons avoir jusqu'à une mesure chaque 15 minutes. Le débit solide en suspension est calculé par la formule suivante :

$$Q_s = C Q \quad (1)$$

tel que, Q<sub>s</sub> : est le débit solide en suspension en (kg/s) ;

Q : est le débit liquide en (m<sup>3</sup>/s) ;

C : est la concentration des sédiments en suspension (kg/m<sup>3</sup>).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce travail, l'érosion hydrique est évaluée en se basant sur le flux annuel des matières en suspension A<sub>s</sub> [t] traversant la section du cours d'eau, ce dernier est déterminé pendant un intervalle de temps (t<sub>i+1</sub> - t<sub>i</sub>) par la formule suivante :

$$A_s = \frac{[(Q_{i+1} C_{i+1}) - (Q_i C_i)]}{2} (t_{i+1} - t_i) \quad (2)$$

(Q<sub>i</sub>, C<sub>i</sub>), (Q<sub>i+1</sub>, C<sub>i+1</sub>) sont le débit liquide et la concentration des matières en suspension mesurés au temps t<sub>i</sub> et t<sub>i+1</sub> ; respectivement. Par conséquent, l'érosion hydrique est calculée en divisant l'apport solide annuel A<sub>s</sub> [t/an] par la surface du bassin A [km<sup>2</sup>] selon la formule suivante :

$$A_{ss} = A_s / A \quad [t/an/km^2] \quad (3)$$

Oued El ham transporte annuellement (en moyenne) 94 Millions de m<sup>3</sup> d'eau et 2.97 millions de tonnes de sédiments, soit une érosion hydrique de l'ordre de 530 T/km<sup>2</sup>/an. Cette dernière valeur est parmi les plus importantes dans le monde, c'est une valeur moyenne associée à une variabilité importante : durant la période de l'étude (21 ans) le coefficient de variation interannuelle de l'érosion Cv est estimé à 1.0. Ce même ordre de variabilité est observé dans d'autres bassins en Algérie (Achite et Meddi 2005). En 1980, oued El ham a transporté 460.51 Millions de m<sup>3</sup> d'eau et environ 6 millions de tonnes de sédiments. Toute cette masse d'eau et de sédiments pose un problème sérieux sur la cuvette de chott El Hodna (figure 1) ; pendant la période de l'étude de 21 ans la perte en sol de tout le bassin de l'oued El ham a contribué à l'élévation de la côte du chott (1 150 km<sup>2</sup>) de près de 20 cm. Le problème devient plus alarmant si on sait que l'oued El ham est l'un des 13 oueds qui déversent leurs apports liquides et solides dans cette cuvette.

La variabilité de l'érosion hydrique entre les saisons (tableau 4) montre que l'érosion hydrique en automne et au printemps représente 32% et 25 % de la dégradation annuelle du sol; respectivement. Le même résultat est obtenu (avec des taux plus importants) pour d'autres bassins en Algérie (Magnounif *et al.* 2003, Achite et Meddi 2005, Ghenim *et al.* 2007 et Achite et Ouillon 2007).

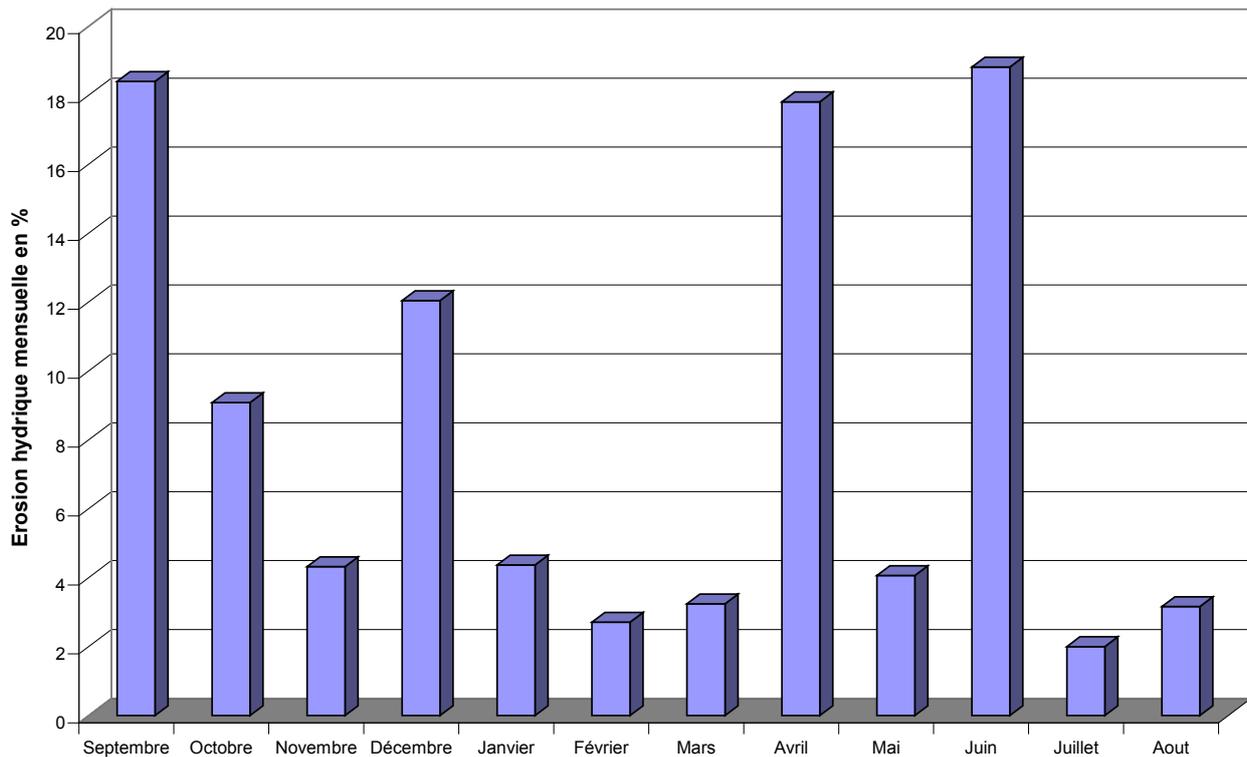


Fig.2. Distribution mensuelle de l'érosion hydrique au bassin versant de l'oued El ham

Tableau 4. Distribution saisonnière de l'érosion hydrique dans le bassin de l'oued El ham

| Saison    | Erosion hydrique [en%] |
|-----------|------------------------|
| Automne   | 31,72                  |
| Hiver     | 18,99                  |
| Printemps | 25,38                  |
| Été       | 23,92                  |

La variabilité de l'érosion hydrique est très difficile à cerner dans les échelles de temps plus fines. À l'échelle mensuelle, elle est de l'ordre de 80%, une partie importante de l'érosion est observée pendant les mois de début d'automne et de la fin de printemps (Achite et Meddi 2005, Ghenim et al. 2007). Pour le bassin de l'oued El ham, l'érosion des trois mois de septembre, avril et juin représente chacun environ 18% de la dégradation annuelle du sol (figure 2). Ces taux mensuels sont variables d'un bassin versant à un autre.

Dans notre étude on ne disposait pas assez d'enregistrements à l'échelle de crues. Pour d'autres bassins d'Algérie, elles sont responsables en moyenne de 93% de la perte annuelle du sol (Magnounif *et al.* 2003), et même plus. A titre d'exemple, la crue de juillet 1989 provoquée par un orage violent sur le bassin de la Haute-Tafna a généré toute seule, 98% de la charge annuelle en suspension (Magnounif *et al.* 2003). Ces taux spectaculaires de la contribution des crues dans la perte en sol peut s'expliquer par les couverts végétaux médiocres, par la vulnérabilité du sol à l'érosion à cause des températures élevées et par les fortes intensités des averses; (on peut avoir jusqu'à 200 mm par 24 heures (Demmak 1982).

## CONCLUSIONS

L'érosion hydrique présente un vrai enjeu pour les pays semi-arides, non seulement par les taux très élevés de la perte en sol, mais aussi par la variabilité spatio-temporelle du phénomène. Oued El ham drainant une superficie de 5605 km<sup>2</sup>, transporte annuellement en moyenne 94 Millions de m<sup>3</sup> d'eau (avec un coefficient de variation interannuel  $C_v = 1.2$ ) et 2.97 millions de tonnes de sédiments (avec un coefficient de variation interannuel  $C_v = 1.0$ ), soit une érosion hydrique de l'ordre de 530 T/km<sup>2</sup>/an. Ces apports (liquide et solide) sont déversés dans une cuvette fermée presque plate dite Chott Hodna d'une surface de 1150 km<sup>2</sup>. L'apport liquide pose un problème d'inondation de toute cette zone, et l'apport solide se dépose sur toute cette zone en élevant la côte du terrain. Durant la période de cette étude (21 ans), la perte en sol de tout le bassin de l'oued El ham a contribué à l'élévation de la côte du chott de 20 cm en moyenne.

La dispersion de l'érosion hydrique au bassin versant de l'oued El ham par rapport à la moyenne interannuelle est estimée à 100%; ce qui montre la variabilité importante du phénomène à cette échelle.

A une échelle mensuelle, comme c'est le cas pour presque tous les bassins de l'Algérie, c'est pendant les mois de début d'automne et de la fin de printemps que la grande partie de l'érosion hydrique se produit. Pour le bassin de l'oued El ham les trois mois de septembre, avril et juin contribuent chacun de 18% environ de la dégradation annuelle du sol. La même tendance est remarquée à l'échelle saisonnière pour les deux saisons automne et printemps.

## RÉFÉRENCES

- Achite, M. et Meddi, M. (2004) Estimation du transport solide dans le bassin versant de l'oued Haddad (Nord-Ouest algérien), *Sécheresse*, vol. 15, no 4, p. 367-373.
- Achite, M. et Meddi, M. (2005) Variabilité spatio-temporelle des apports liquide et solide en zone semi-aride. Cas du bassin versant de l'oued Mina (nord-ouest algérien), *Revue des sciences de l'eau*, vol. 18, no spéciale, p. 37-56.
- Achite, M. and Ouillon, S. (2007) Suspended sediment transport in semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973-1995). *Journal of Hydrology*, vol. 343, p. 187-202
- Benblidia, M., Salem A. et Demmak A. (2001) Extraction des sédiments dans les retenues. *La Houille Blanche*, vol. 6, no 7, p. 76-78.
- Benkhaled, A. et Remini, B. (2003) Analyse de la relation de puissance : débit solide-débit liquide à l'échelle du bassin versant de l'Oued Wahrane (Algérie), *Revue Sciences de l'eau*, vol. 16, no 3, p. 333-356.
- Bouanani A., 2004. Hydrologie, Transport solide et modélisation Étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie), Thèse de doctorat d'état à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 249 pp.
- Boudjadja, A., Messahel, M. and Pauc, H. (2003) Ressources hydriques en Algérie du Nord, *Revue des sciences de l'eau*, vol. 16, no 3, p. 285-304.
- Bouteldja, N., 2005. Contribution à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Hodna sous bassins versants du Ksob et de Soubella (Algérie), thèse soutenue pour obtenir le titre de docteur en Géographie à l'université de la Provence Aix-Marseille, France.
- Capolini, J. (1967 a) Étude géomorphologiques des conditions d'envasement du port de Ghazouet, Etude SES 1013/DH2, Alger, (8plans), 16 p.
- Capolini, J. (1967 b) Bassin versant de l'oued Fodda - Carte de sensibilité à l'érosion-, Etude SES Alger, (carte 1/50.000), 6 p.
- Capolini, J., Piens, S. et Ramana, R. (1969) Bassin versant du Cheleff : Oued Rhiou, Sly, Fodda, Deurdeur, Zeddine, Ebda : prévision des apports des crues et des débits solides, Étude SES 13/12/DH2, Alger, 41 p.
- Dedkhov, A. P. and Mozzherin, D. I., 1984. *Erosiya I stok nanosov na zemle*, Izdatelstvo Kasagaskogo Universsiteta.
- Demmak, A., Ouaar, M. et Guedjtal, A. (1991) Quantification de l'érosion à l'exutoire de micro-bassins en zone semi-aride. Utilisation de l'eau des petits bassins versants en zone aride, Ed. AUPELF-UREF. Jhon Libbey Eurotext, Paris, 179-188
- Demmak, A., 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et de transport solide en Algérie septentrionale. Thèse de doctorat-Ingénieur, Univ. Paris, France, 323 pp.
- Fournier F., 1960. *Climat et érosion*. (Presse Universitaire de France, Paris), France
- Ghenim, A., Terfous A. et Seddini A. (2007) Étude du transport solide en suspension dans les régions semi-arides méditerranéennes : cas du bassin-versant de l'oued Sebdo (Nord-Ouest algérien), *Sécheresse*, vol. 18, no 1, p. 39-44.
- Hasbaia, M., Benayada, L. and Bournane, A. (2010) Estimation and analysis of suspended sediment transport in an interior semi-arid watershed of Algeria, case of wadi Soubella in Hodna basin, Congrès Water2010 : Hydrology, Hydraulics and Water Resources in an Uncertain Environment, Quebec City, July 5-7 2010. Canada
- Heusch, B. and Millières-Lacroix, A. (1971). Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin. Application au Maghreb. *Mines et Géologie (Rabat)* vol. 33, p. 21-39.
- Meddi M., 1992. Hydro-pluviométrie et transport solide dans le bassin-versant de l'Oued Mina (Algérie). Thèse de doctorat Uniq, université Louis Pasteur, Strasbourg, 285 pp.
- Medinger, J. M., 1960. Transport solide des oueds algériens. *Annuaire hydrologique de l'Algérie (années 50-59)*, Alger
- Megnounif, A., Terfous, A., et Bouanani, A. (2003) Production et transport des matières solides en suspension dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest Algérie), *Revue des sciences de l'eau*, vol. 16, no 3, p. 369-380
- Probst, J. L. and Suchet, P. A., (1992) Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion in the Maghreb (North Africa), *Hydrological Sciences Journal*, vol. 37, no 6, p. 621-636.
- Remini, B., Avenard, J. M., Kettab, A., (1997) Évolution dans le temps de l'envasement dans une retenue de barrage dans laquelle est pratiquée la technique de soutirage, *La Houille Blanche*, no 6, p. 4-8.
- Snoussi, M. 1988, Nature estimation et comparaison des flux de matière issus des bassins versants de l'Adour (France), du Sebou, de l'Oum-Er-Rbia et du Sous (Maroc). Impact du climat sur les apports fluviaux à l'océan. Mémoire de l'institut de Géologie du Bassin de l'Aquitaine, no 22, Bordeaux, France
- Strakhov, N. M. N., 1967, *Principles of Lithogenesis*. Vol.1. Oliver and Boyd, Elindburgh, UK
- Terfous, A., Magnounif, A. et Bouanani, A. (2001) Étude de transport solide en suspension dans l'oued Mouilah (Nord Ouest Algérien), *Revue des sciences de l'eau*, vol. 14, no 2, p. 173-185.
- Texiron, J. (1960) Débit solide des cours d'eau en Algérie et en Tunisie, C/R de l'assemblée de l'AIHS de Toronto, p.1957-1958.
- Touibia, B., 2000. Érosion-transport solide-envasement de barrage. Cas du bassin versant de l'oued Mina dans la wilaya de Relizane. Thèse de doctorat d'état, École nationale des sciences agronomique (Ex INA), Alger
- Walling, D. E. and Webb, B. W. (1987) Material transport by the world's rivers: evolving perspectives. In : *water for future: hydrology in perspective* (proc. Rome Symp., April 1987). IAHS publ., no 164, p. 313-329.
- Walling, D. E. (1984) The sediment yield of African rivers. In *Challenges in African hydrology, in Water of Future: Hydrology in perspectives* (Proc. Rome Symp., April 1987). IAHS Puli. no 164, p. 313-329.