

Essai de quantification l'érosion actuelle à partir des mesures de turbidité en Algérie orientale

*BOUROUBA Mohamed
Centre Universitaire d'Oum El Bouaghi*

Résumé :

Les 18 bassins-versants de l'Algérie orientale retenus dans le cadre de cette étude montrent une augmentation des transports solides spécifiques de l'O. Medjerda, à l'est, à l'Isser, à l'ouest ; et du littoral, au nord, aux Aurès, au sud. Cette augmentation varie dans le sens inverse de celle des pluies et de l'écoulement.

Les taux de transports solides spécifiques sont énormément influencés par :

** Les averses estivales et automnales des bassins-versants des hautes plaines sétifiennes et des Aurès .*

** La saturation des versants et sols des bassins côtiers et de l'Isser durant le printemps et l'hiver .*

Les écarts entre les valeurs annuelles et saisonnières maximales et les moyennes des transports solides spécifiques sont importants et ce, particulièrement dans les hautes plaines sétifiennes et les Aurès .

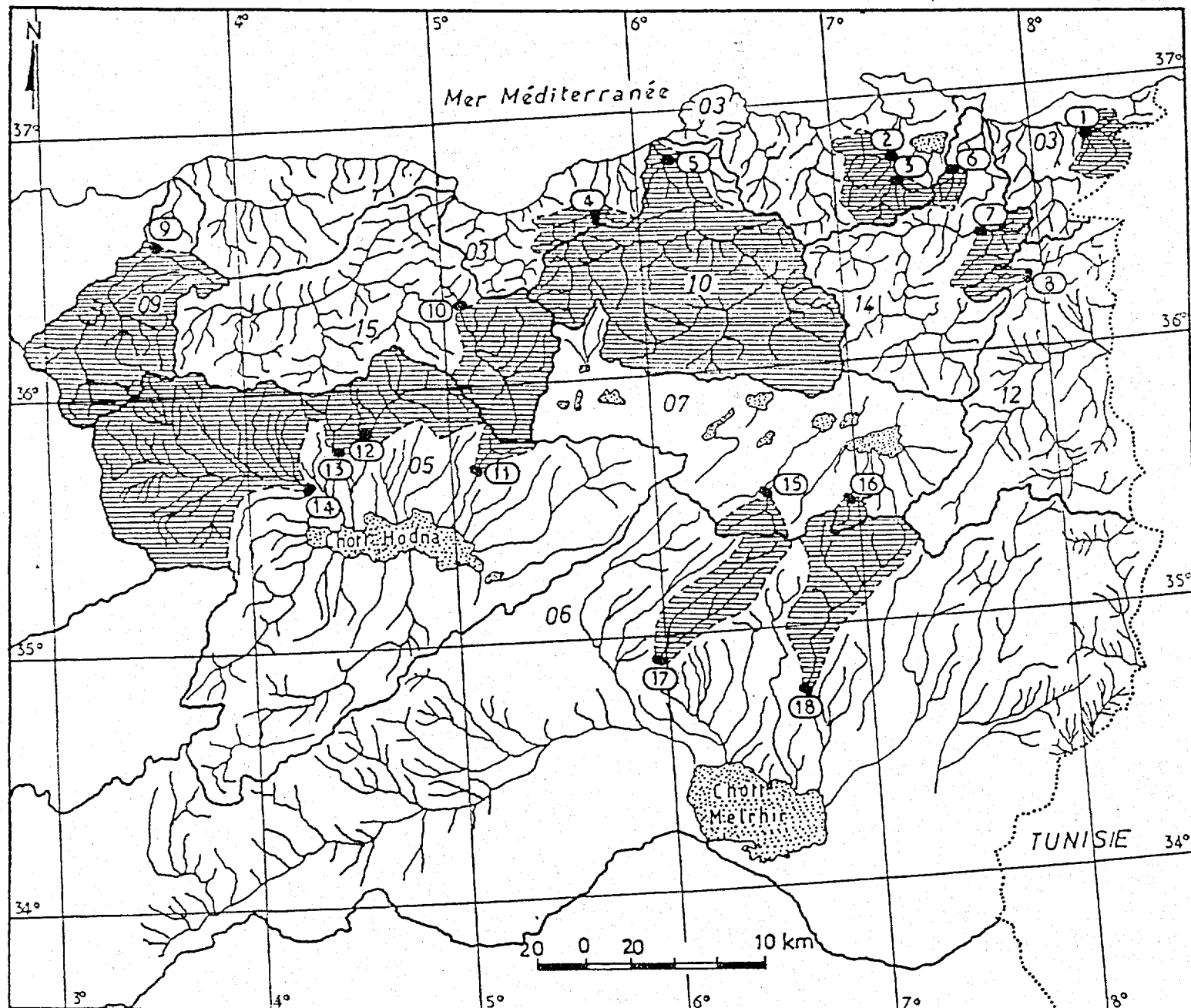
Mots - clés :

Bassin - versant, transports solides spécifiques, précipitations, écoulement, Algérie orientale .







Présentation générale :

Les 18 bassins - versants sélectionnés dans la présente étude constituent les différents milieux physico - climatiques de l'Algérie orientale compris entre les 34 et 37e degré de latitude nord, (Fig n° 1) . Ils s'étendent sur environ 29084 Km² au nord de l'Atlas saharien . La taille de ces bassins - versants allait de 103 à 8735 Km² (tab n° 1) .

Le contrôle hydrologique des bassins - versants étudiés est assuré par 18 stations hydrométriques complètes : lim-nigraphe, jaugeages et turbidité . Elles fournissent des séries d'observations pluviométriques et hydrologiques homogènes et communes sur une période de 7 ans consécutifs allant du 1er septembre 1972 au 31 Aout 1979 pour 11 stations . Les stations de Sidi Ouadah, Medjez et Sed Faguès fournissent des observations de 6 ans , allant du 1 septembre 1973 au 31 Aout 1979 , celles de Rocade, El Ancer, Souk Ahras et Missa possèdent des mesures de 4 ans , allant du 1 septembre 1975 au 31 Aout 1979 pour les trois premières et du 1er septembre 1972 au 31 Août 1976 pour la dernière .



LEGENDE

-  1
Station hydrométrique
-  2
Cours d'eau
-  3
Limites de bassin versant
-  4
Bassin versant étudié
-  5
Chott ou Sebka
-  6
Code de bassin versant

Stations Hydrométriques

- 1 : Kébir est à Ain Assel
- 2 : Kébir ouest à Ain Cherchar
- 3 : Hammam à Zit Emba
- 4 : Djendjen à Missa
- 5 : Kébir-Rhumel à Al Ancer
- 6 : Ressoual à Ain Berda
- 7 : Melah à Bouchegouf
- 8 : Medjerda à Souk Ahras
- 9 : Isser à Lakhdaria
- 10 : Bousselem à Megraoua
- 11 : Soubella à Sidi Ouadah
- 12 : Ksob à Mejez
- 13 Lougmène à Sed Faguès
- 14 : Leham à Rocate
- 15 : Reboa à Reboa
- 16 Gueiss à Foum el Gueiss
- 17 El Abiod à M'ehoueneche
- 18 : El Arab à Khenguët Sidi Nadji

Fig n°1: Situation géographique des bassins-versants étudiés

Tab n° 1 : Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des bassins-versants

| Région | Oued | Station | S (km ²) | H (m) | H _{min} (m) | H _{max} (m) | IL % | Ct | P̄ (mm) | L _e (mm) | p ² /P | T (g/l) | TSS t/km ² /an |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|---------|------|------------|------------------------|-------------------|------------|------------------------------|
| I-Côtiers constantinois | Kébir est | 1/Ain Assel | 680 | 398 | 30 | 1202 | 17 | 16,3 | 842 | 298 | 19,9 | 3,9 | 903 |
| | Kébir ouest | 2/Ain Cherchar | 1130 | 278 | 25 | 1220 | 9 | 12,2 | 524 | 78 | 15,9 | 1,0 | 92 |
| | Hemmam | 3/Zit Emba | 485 | 376 | 50 | 1202 | 19 | 15,1 | 543 | 74 | 10,8 | 2,7 | 198 |
| | Djendjen | 4/Missa | 204 | 930 | 217 | 1992 | 39 | 45,0 | 1086 | 968 | 39,4 | 7,9 | 7619 |
| | Kébir-Rhumel | 5/El Ancer | 8735 | 749 | 15 | 1729 | 45 | 28,1 | 927 | 85 | 39,0 | 6,0 | 516 |
| | Ressoul | 6/Ain Berda | 103 | 305 | 55 | 927 | 18 | 17,4 | 587 | 98 | 12,8 | 2,2 | 214 |
| | Melah | 7/Bouchehouf | 550 | 641 | 95 | 1301 | 35 | 25,2 | 546 | 182 | 9,4 | 4,0 | 729 |
| II-Médjerda | Médjerda | 8/Souk Ahras | 217 | 890 | 580 | 1317 | 16 | 22,1 | 550 | 145 | 13,6 | 0,9 | 134 |
| III-Isser | Isser | 9/Lakhdaria | 3615 | 750 | 90 | 1810 | 49 | 29,5 | 794 | 106 | 29,7 | 16,8 | 1714 |
| IV- Hautes plaines sétifiennes | Bousselam | 10/Megraoua | 2350 | 1000 | 740 | 1737 | 26 | 17,8 | 484 | 16 | 13,6 | 5,7 | 99 |
| | Soubella | 11/Sidi Ouadah | 176 | 1153 | 710 | 1907 | 16 | 6,0 | 230 | 20 | 3,7 | 1,9 | 36 |
| | Ksob | 12/Medjez | 1330 | 637 | 194 | 1875 | 38 | 25,2 | 184 | 20 | 4,1 | 16,0 | 336 |
| | Lougmene | 13/Sed Faguès | 334 | 961 | 546 | 1862 | 34 | 37,0 | 184 | 82 | 4,0 | 45,2 | 3787 |
| | Leham | 14/Rocade | 5600 | 760 | 435 | 1852 | 19 | 32,0 | 160 | 6 | 4,6 | 242,0 | 515 |
| V- Aurès | Reboa | 15/Reboa | 296 | 1410 | 1010 | 2300 | 26 | 7,3 | 350 | 72 | 6,4 | 8,3 | 594 |
| | Gueiss | 16/Foum El Gueiss | 144 | 1305 | 980 | 2175 | 8 | 12,2 | 371 | 69 | 4,5 | 3,0 | 197 |
| | El Abiod | 17/M'chounèche | 1050 | 1410 | 295 | 2326 | 26 | 39,9 | 131 | 17 | 4,7 | 23,6 | 401 |
| | El Arab | 18/Khenguet S.N. | 2085 | 1105 | 190 | 2236 | 33 | 36,4 | 131 | 17 | 4,7 | 33,4 | 539 |

S (km²) : superficie du bassin-versant en km², H(m) : altitude moyenne du bassin-versant à la station hydrométrique en mètres, H_{min} (m) : altitude minimale du bassin-versant en mètres, H_{max} (m) : altitude maximale du bassin versant en mètres,

IL : indice lithologique exprimant le rapport entre la superficie du bassin-versant constituée par les argiles et les marnes et la superficie totale en km², Ct : coefficient de torrentialité, P(mm) : pluviométrie moyenne annuelle en mm, L_e (mm) : Lamme d'eau écoulée moyenne annuelle en mm, p²/P : indice pluviométrique de Fournier,

T (g/l) : turbidité moyenne annuelle en g/l, TSS (t/km²/an) : transports solides spécifiques moyens annuels en t/km²/an.

La période d'observation étudiée est constituée d'une succession d'années sèches et humides . Elle peut être considérée comme représentative de la normale (tab n° 2 et 3) .

Les transports solides en suspension sont déterminés par le prélèvement d'un échantillon, d'eau par jour, en moyenne, durant les périodes d'écoulement normal .

Pendant les périodes de crues la fréquence des prélèvements est fixée pour chaque station par la vitesse de montée et la décroissance de ces dernières ainsi que par la durée et l'intensité des averses . Si la montée de la crue est supérieure à une heure on prélève un échantillon d'eau / heure avec un prélèvement obligatoire au maximum de la crue . En période de décrue , on prélève un échantillon / heure durant les 6 premières heures et un échantillon toutes les 2 heures par la suite . L'espacement dans le temps des prélèvements croit progressivement à mesure qu'on s'éloigne du maximum de la crue jusqu'à atteindre 1 prélèvement par jour lorsque le débit reste constant durant la journée. Les mesures de transports solides en suspension sont établies selon la méthode classique qui consiste à filter sur papier - filtre les échantillons d'eau prélevés pour déterminer le poids de la boue qui est ramené à une unité de volume (1 litre) , après séchage à l'étuve et l'élimination par calcination des matières organiques.

De ce fait , cette boue ne représente que les éléments , fins et très fins (argiles, limons, sables fin et très fins) provenant des versants et lits fluviaux (fonds et berges) .

Par conséquent, les transports solides en suspension mesurés dans chaque station ne représentent qu'une partie de la dynamique érosive globale actuelle des 18 bassins - versants étudiés , car ils ne tiennent pas compte :

- 1- des charriages de fond ,*
- 2- des transports solides en dissolution,*
- 3- de l'érosion éolienne qui n'est pas négligeable dans les bassins - versants des hautes plaines sétifiennes et des Aurès, notamment durant les saisons estivale et automnale, caractérisées par une fréquence élevée du Sirocco* .*

** Sirocco : Vent du sud - est , d'origine saharienne, chaud et sec résultant des dépressions qui se forment sur la Méditerranée . Il souffle sur l'Algérie orientale durant la période allant de Juin à Septembre .*

tab n°2 : Représentativité de la série pluviométrique

| Région | Oued | Station | Pmm moy. annuel. longue durée | | Pmm moy annuelle 1972-73 1978-79 | P/ \bar{P} |
|-------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|--------------|---|--------------|
| | | | Nombre d'années | \bar{P} mm | | |
| Côtiers constantinois | Kébir est | Aïn Assel | 16 | 840 | 842 | 1,00 |
| | Hammam | Zit Emba | 7 | 537 | 543 | 1,01 |
| | Ressoul | Aïn Berda | 13 | 613 | 587 | 0,95 |
| | Melah | Boucheouf | 14 | 522 | 546 | 1,04 |
| Hautes plaines sérifiennes | Bousselam | Megraoua | 9 | 487 | 484 | 0,99 |
| Aurès | Reboa | Reboa | 13 | 313 | 350 | 1,11 |

236

tab n°3 : Représentativité de la série hydrologique

| Région | Oued | Station | Débit moy. annuel longue durée | | Q m ³ /s moy.an. 1972-73 1978-79 | Q/ \bar{Q} |
|----------------------------------|-------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--------------|
| | | | Nombre d'années | \bar{Q} m ³ /s | | |
| Côtiers constantinois | Kébir est | Aïn Assel | 35 | 7,270 | 6,300 | 0,86 |
| | Kébir ouest | Aïn Cherch. | 32 | 5,090 | 3,240 | 0,63 |
| | Ressoul | Aïn Berda | 26 | 0,298 | 0,320 | 1,07 |
| Isser | Isser | Lakhdaria | 23 | 13,200 | 12,300 | 0,92 |
| Hautes plaines sérifiennes | Bousselam | Megraoua | 16 | 1,340 | 1,270 | 0,94 |
| | Leham | Rocade | 29 | 1,230 | 1,030 | 0,83 |
| | Lougmenè | Sed Faquès | 29 | 0,251 | 0,893 | 3,55 |
| Aurès | Reboa | Reboa | 15 | 0,705 | 0,667 | 0,94 |
| | Gueïss | Foum El Gueïss | 15 | 0,328 | 0,311 | 0,94 |
| | El Abiod | M'chounèche | 13 | 0,596 | 0,579 | 0,97 |
| | El Arab | Khenguet S.N | 13 | 0,994 | 1,089 | 1,09 |

1 - Les variations interannuelles du bilan de l'érosion :

Les variations interannuelles des transports solides spécifiques présentent des caractéristiques qui peuvent être résumées dans les aspects suivants : (Fig n° 2, tab n° 4).

1) - La fréquence des valeurs des pluies, écoulement et transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne annuelle de la série étudiée ne dépasse pas dans les bassins - versants côtiers, l'Isser et le Bousselam 43% , soit 3 valeurs annuelles sur 7 . Dans les autres bassins - versants la fréquence des valeurs pluviométriques supérieures à la moyenne est légèrement supérieure à 43% alors que celle de l'écoulement et des transports solides spécifiques reste inférieure à cette dernière .

2) La fréquence, faible des valeurs annuelles supérieures à la moyenne de la série étudiée reflète nettement la concentration dans le temps de la dynamique érosive dans les différents bassins-versants de l'Algérie orientale . Ce phénomène montre bien que la moyenne annuelle des trois variables dépend fortement des valeurs annuelles maximales , car si on excepte les transports solides spécifiques de l'année de forte érosion, la moyenne de l'ensemble des autres années hydrologiques reste de loin inférieure à la moyenne annuelle de la série complète (tab n° 5) .

Le rapport des transports solides spécifiques annuels maximaux aux transports solides spécifiques moyens annuels atteint ses valeurs les plus fortes dans les bassins-versants des hautes plaines sétifiennes. Ces bassins - versants sont caractérisés par une agressivité et une fréquence élevées des averses estivales et automnales, un écoulement endoréique ainsi que par des gradients altimétriques et pluviométriques très importants. Les altitudes passent de 1875 m recevant plus de 700 mm / an à 150 m à l'exutoire avec moins de 200 mm / an (Demmak 1982, Kébiche 1993) .

3) L'année hydrologique 1972 - 73 se distingue nettement des autres années par une forte pluviosité dans 6 stations, par un écoulement abondant dans 11 stations et par une forte érosion dans 9 stations (Fig n° 2) .

Les valeurs maximales annuelles des transports solides spécifiques ont été atteintes durant l'année hydrologique 1975 - 76 par les oueds Lougmène avec 18116 t/km² et Djendjen avec 10375 t/km² . Ces deux bassins - versants restent les plus dégradés de toute l'Algérie orientale . Leurs taux de transports solides spécifiques peuvent être expliqués par leur caractère torrentiel et par leur lithologie érodable . (Fig n° 3 et 4) .

Par contre, les bassins - versants les moins dégradés sont le Bousselm, le Kébir ouest et le Soubella . Leurs taux sont énormément influencés par la présence d'une couverture végétale forestière, protégeant les versants constitués en majorité par les formations gréseuses , poudingues et calcaire .

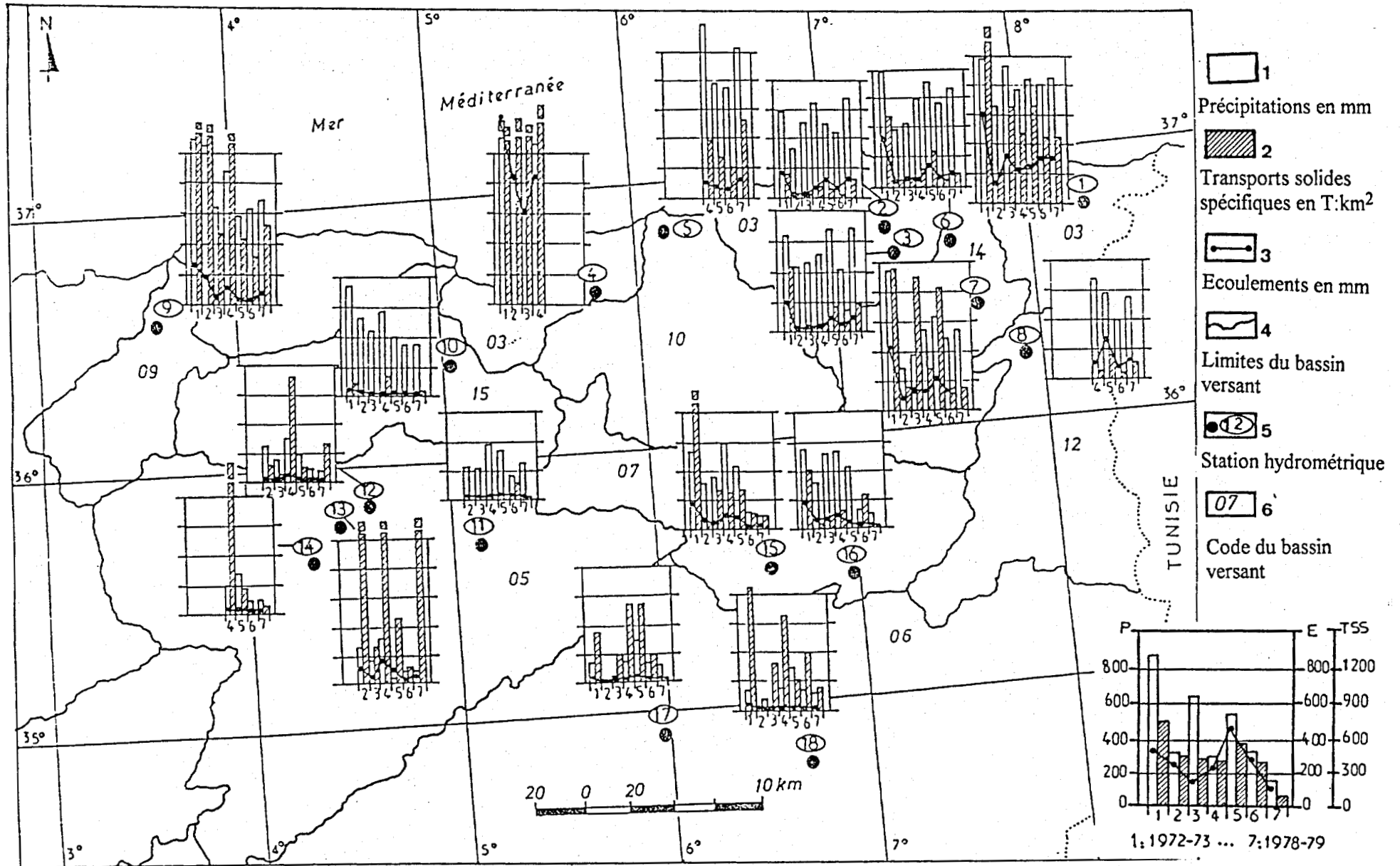


Fig. 02: Les variations annuelles des précipitations, de l'écoulement et des transports solides spécifiques.

Bassins versants : 03 Côtiers constantinois, 05 Chott Hodna, 06 Chott Medrhir, 07 Hauts plateaux constantinois,
 09 Isser, 10 Kébir Rhumel, 12 Medjerda, 14 Seeybouse, 15 Soummam.

tab n°4: Fréquence des valeurs annuelles des pluies, de l'écoulement et des transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne annuelle

| | | Pmm | Emm | TSS t/km ² | S _{er} ₁₂ |
|--------------------------------|--------------|-----|-----|--------------------------|-------------------------------|
| I- Côtiers constantinois | Aïn Assel | 3 | 3 | 3 | 7 |
| | Aïn Cherchar | 3 | 3 | 3 | 7 |
| | Zit Emba | 3 | 3 | 3 | 7 |
| | Missa | 1 | 1 | 1 | 4 |
| | El Ancer | 2 | 2 | 2 | 4 |
| | Aïn Berda | 4 | 2 | 2 | 7 |
| | Boucheougouf | 2 | 2 | 3 | 7 |
| II-Médjerda | SoukAhras | 3 | 1 | 2 | 4 |
| III-Isser | Lakhdaria | 3 | 3 | 3 | 7 |
| IV- Hautes plaines sétifiennes | Megraoua | 3 | 2 | 3 | 7 |
| | Sidi Ouadah | 4 | 2 | 1 | 6 |
| | Medjez | 3 | 2 | 2 | 6 |
| | Sed Faguès | 3 | 2 | 1 | 6 |
| | Rocade | 2 | 1 | 1 | 4 |
| V-Aurès | Reboa | 4 | 4 | 1 | 7 |
| | FoumElGueïss | 4 | 2 | 2 | 7 |
| | M'chounèche | 4 | 3 | 3 | 7 |
| | Khenguët S.N | 4 | 3 | 3 | 7 |

tab n°5: Rapport entre les valeurs annuelles maximales et la moyenne annuelle des transports solides spécifiques

| | | TSS an. max. (1) | Année | TSS moy. an. (2) | écart (1) / (2) | TSS moy. an. -TSS(1) |
|--------------------------------|---------------|------------------------|-------|------------------------|--------------------|----------------------------|
| I- Côtiers constantinois | Aïn Assel | 2028 | 72-73 | 903 | 2,2 | 716 |
| | Aïn Cherchar | 240 | 72-73 | 92 | 2,6 | 67 |
| | Zit Emba | 653 | 72-73 | 198 | 3,3 | 122 |
| | Missa | 10375 | 75-76 | 7619 | 1,3 | 6701 |
| | El Ancer | 782 | 78-79 | 516 | 1,5 | 427 |
| | Aïn Berda | 716 | 72-73 | 214 | 3,3 | 130 |
| | Boucheougouf | 1440 | 72-73 | 729 | 1,9 | 611 |
| II-Médjerda | Souk Ahras | 239 | 76-77 | 134 | 1,7 | 99 |
| III-Isser | Lakhdaria | 4019 | 72-73 | 1714 | 2,3 | 1330 |
| IV- Hautes plaines sétifiennes | Megraoua | 234 | 75-76 | 99 | 2,3 | 77 |
| | Sidi Ouadah | 163 | 77-78 | 36 | 4,5 | 11 |
| | Medjez | 1088 | 75-76 | 338 | 3,2 | 188 |
| | Sed Faguès | 18116 | 75-76 | 3787 | 4,7 | 921 |
| | Rocade | 1775 | 75-76 | 515 | 3,4 | 95 |
| V-Aurès | Reboa | 2621 | 72-73 | 594 | 4,4 | 256 |
| | Foum ElGueïss | 612 | 72-73 | 197 | 3,1 | 128 |
| | M'chounèche | 838 | 75-76 | 401 | 2,0 | 328 |
| | Khenguët S.N | 1221 | 72-73 | 539 | 2,2 | 429 |

4°) Un fait curieux caractérise les différentes relations entre les transports solides spécifiques, les précipitations annuelles, l'indice de Fournier et l'écoulement (Fig n° 3, 4, 5, 6 et 7) . La répartition graphique des 3 paramètres a donné des groupes de stations presque identiques . Tout se passe comme si les transports solides et l'écoulement ne résultent pas du total pluviométrique des 12 mois mais plutôt de la concentration pluviométrique durant la période pluvieuse de l'année . De ce fait, il serait intéressant d'examiner ces variations à l'échelle saisonnière . (Bourouba, 1993 et 1994) .

II - Les variations saisonnières du bilan de l'érosion :

Les variations saisonnières des transports solides spécifiques des bassins-versants étudiés montrent beaucoup d'aspects communs avec les variations annuelles (tab n° 6) :

1°) - La fréquence des valeurs saisonnières de transports solides spécifiques supérieurs aux moyennes est souvent inférieure à 43% pour les séries de 7 ans et rarement égale à 50 % pour les séries de 4 ans .

2°) - Les écarts les plus élevés entre les valeurs maximales et les valeurs moyennes de transports solides spécifiques sont souvent enregistrés en été et en automne . Ces écarts caractérisent particulièrement les bassins - versants côtiers et les bassins - versants des Aurès où ils s'élèvent respectivement en automne à 6,7 et 5,6 .

3°) Dans les 18 stations étudiées, si on excepte la valeur saisonnière maximale de transports solides spécifiques, la moyenne des autres saisons reste nettement inférieure à la moyenne saisonnière de la série (tab n° 7) .

4°) - Dans l'espace, les bassins - versants de l'O. Djendjen , l'O. Lougmène , l'O. Isser et l'O- Seybouse présentent, d'une saison à l'autre , les valeurs les plus élevées de transports solides spécifiques.

5°) - La concentration dans le temps du travail de l'érosion caractérise aussi les valeurs saisonnières de transports solides spécifiques . Cette concentration se manifeste par une fréquence faible des valeurs saisonnières . Elle s'accroît du littoral, au nord, aux Aurès, au sud . Les aspects majeurs de ce phénomène se résument par les variations saisonnières suivantes : (Fig n°8)

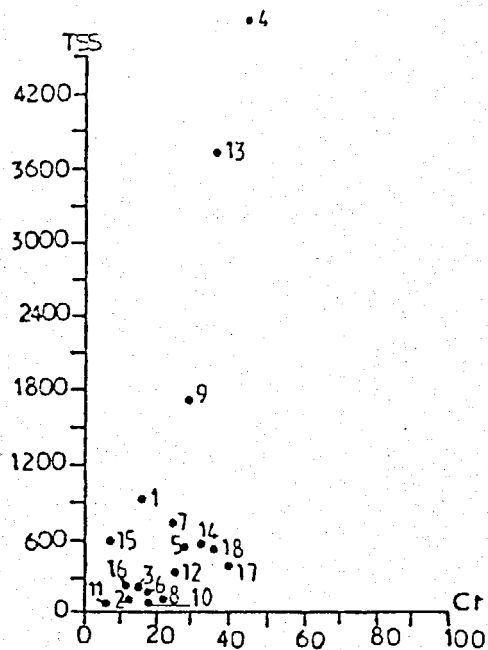


Fig.3: Relation entre les transports solides spécifiques (TSS) et le coefficient de torrentialité (Ct).

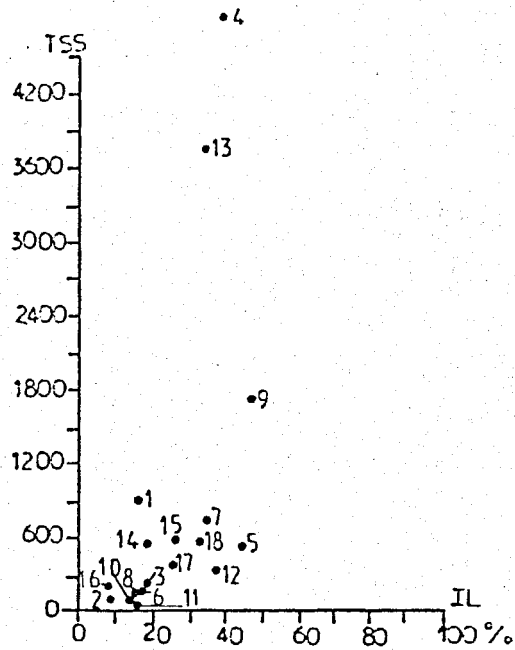


Fig.4: Relation entre les transports solides spécifiques (TSS) et l'indice lithologique (IL).

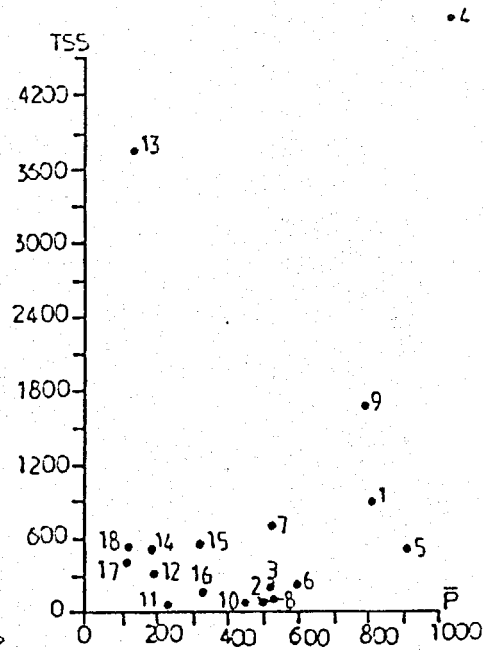


Fig.5: Relation entre les transports solides spécifiques (TSS) et la pluviométrie moyenne annuelle (P).

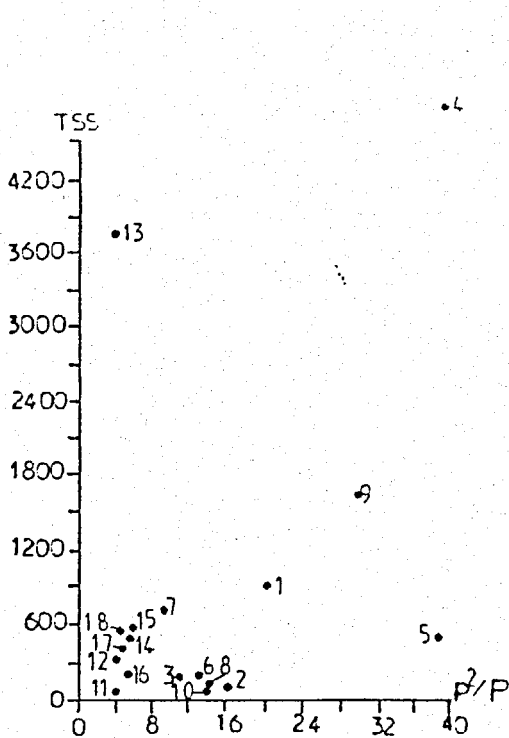


Fig. 6: Relation entre les transports solides spécifiques (TSS) et l'indice de Fournier (p^2 / P).

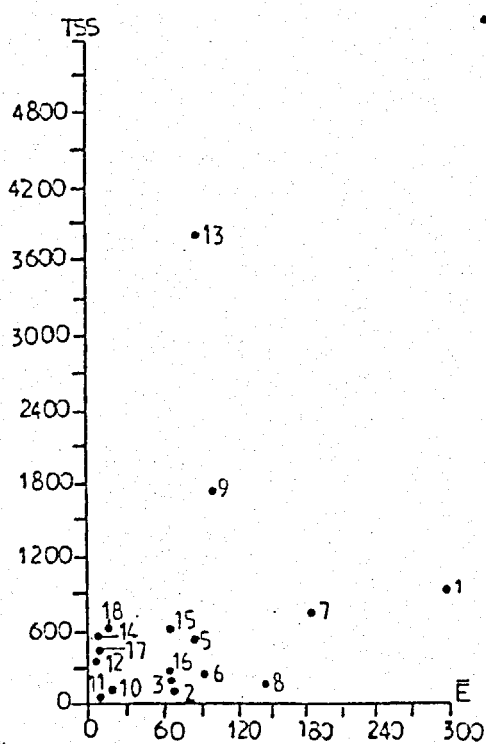


Fig. 7 : relation entre les transports solides spécifiques (TSS) et la lame d'eau écoulee moyenne annuelle (E).

Tab n°6: Fréquences des valeurs saisonnières des précipitations, de l'écoulement et des transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne

| Région | Station | Automne | | | Hiver | | | Printemps | | | Eté | | | Série |
|--------------------------------------|-------------|---------|-----|---------------------------------|-------|-----|---------------------------------|-----------|-----|---------------------------------|-----|-----|---------------------------------|-------|
| | | Pmm | Emm | TSS _{t/km²} | Pmm | Emm | TSS _{t/km²} | Pmm | Emm | TSS _{t/km²} | Pmm | Emm | TSS _{t/km²} | |
| I-Côtiens constantinois | Aïn Assel | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7 |
| | Aïn Cherch. | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 7 |
| | Zit Emba | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 7 |
| | Missa | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| | El Ancer | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| | Aïn Berda | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 7 |
| | Bouhegouf | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 7 |
| II-Médjerda | Souk Ahras | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| III- Isser | Lakhdaria | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 7 |
| IV- Hautes plaines sétifiennes | Megraoua | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| | Sidi Ouadah | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| | Medjez | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| | Sed Faguès | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| | Rocade | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| V- Aurès | Reboa | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 7 |
| | FEI Guer'ss | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 7 |
| | M'chounèche | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 7 |
| | Khenguets.N | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7 |

P (mm) : nombre de saisons ayant une pluviométrie supérieure à la moyenne,

E (mm) : nombre de saisons ayant un écoulement supérieur à la moyenne ,

TSS (t/km²) : nombre de saisons ayant des transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne .

tab n°7: Rapport des valeurs maximales des transports solides spécifiques aux valeurs moyennes saisonnières

| Région | Station | Automne | | | | Hiver | | | | Printemps | | | | Eté | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------------|-------|--------------|---------------|----------------|--------------|-------|--------------|---------------|----------------|--------------|-------|--------------|---------------|----------------|--------------|-------|--------------|---------------|----------------|
| | | TSS max. (1) | Année | TSS moy. (2) | écart (1)/(2) | TSS moy. - (1) | TSS max. (1) | Année | TSS moy. (2) | écart (1)/(2) | TSS moy. - (1) | TSS max. (1) | Année | TSS moy. (2) | écart (1)/(2) | TSS moy. - (1) | TSS max. (1) | Année | TSS moy. (2) | écart (1)/(2) | TSS moy. - (1) |
| I. Côtiers constantinois | Ain Assel | 584 | 76-77 | 174 | 3,3 | 106 | 839 | 72-73 | 351 | 2,4 | 270 | 1189 | 72-73 | 378 | 3,1 | 243 | — | — | — | — | — |
| | Ain Chercha | 64 | 76-77 | 10 | 6,4 | 1 | 158 | 72-73 | 39 | 4,0 | 19 | 122 | 78-79 | 42 | 2,9 | 29 | — | — | — | — | — |
| | Zit Emba | 244 | 76-77 | 38 | 6,4 | 4 | 196 | 72-73 | 44 | 4,4 | 19 | 436 | 72-73 | 116 | 3,8 | 63 | — | — | — | — | — |
| | Missa | 4327 | 73-74 | 2181 | 1,9 | 1466 | 3421 | 72-73 | 1823 | 1,9 | 1290 | 7533 | 75-76 | 3549 | 2,1 | 2221 | 135 | 72-73 | 66 | 2,0 | 43 |
| | El Ancer | 243 | 76-77 | 118 | 2,0 | 76 | 294 | 78-79 | 189 | 1,6 | 154 | 359 | 78-79 | 188 | 1,9 | 131 | 29 | 72-73 | 21 | 1,3 | 18 |
| | Ain Berda | 344 | 76-77 | 51 | 6,7 | 2 | 230 | 72-73 | 50 | 4,6 | 20 | 471 | 72-73 | 113 | 4,1 | 53 | — | — | — | — | — |
| | Boucheougouf | 1168 | 76-77 | 195 | 5,9 | 33 | 1323 | 74-75 | 276 | 4,8 | 102 | 970 | 72-73 | 256 | 3,8 | 137 | — | — | — | — | — |
| II. Médjerda | Souk Ahras | 86 | 76-77 | 23 | 3,7 | 2 | 127 | 76-77 | 43 | 2,9 | 15 | 140 | 78-79 | 66 | 2,1 | 41 | — | — | — | — | — |
| III. Isser | Lakhdaria | 712 | 75-76 | 299 | 2,3 | 230 | 3320 | 72-73 | 767 | 4,3 | 342 | 2625 | 73-74 | 591 | 4,4 | 252 | 320 | 75-76 | 57 | 5,6 | 13 |
| IV. Hautes plaines sétifiennes | Megraoua | 28 | 75-76 | 11 | 2,5 | 8 | 32 | 74-75 | 12 | 2,7 | 9 | 146 | 73-74 | 52 | 2,8 | 36 | 73 | 72-73 | 24 | 3,0 | 16 |
| | Sidi Ouadah | 28 | 77-78 | 7 | 4,0 | 3 | 12 | 78-79 | 4 | 3,0 | 2 | 4 | 73-74 | 2 | 2,0 | 2 | 134 | 77-78 | 23 | 5,8 | 1 |
| | Médjez | 204 | 75-76 | 77 | 2,6 | 52 | 82 | 76-77 | 27 | 3,0 | 16 | 250 | 78-79 | 79 | 3,1 | 45 | 677 | 75-76 | 155 | 4,4 | 51 |
| | Sed Faguès | 1482 | 75-76 | 441 | 3,3 | 233 | 461 | 75-76 | 158 | 2,9 | 97 | 2246 | 75-76 | 692 | 3,2 | 381 | 13927 | 75-76 | 2495 | 5,6 | 209 |
| | Rocade | 182 | 76-77 | 59 | 3,0 | 18 | 34 | 76-77 | 14 | 2,4 | 7 | 20 | 78-79 | 12 | 1,7 | 9 | 1710 | 75-76 | 429 | 4,0 | 2 |
| V. Aurès | Reboa | 1940 | 72-73 | 351 | 5,5 | 86 | 29 | 73-74 | 6 | 4,8 | 2 | 202 | 72-73 | 112 | 1,8 | 97 | 672 | 72-73 | 126 | 5,3 | 35 |
| | Foum El Gueiss | 342 | 72-73 | 61 | 5,6 | 14 | 15 | 72-73 | 3 | 5,0 | 1 | 94 | 75-76 | 36 | 2,6 | 26 | 354 | 77-78 | 97 | 3,6 | 54 |
| | M'chounèche | 540 | 75-76 | 191 | 2,8 | 133 | 310 | 76-77 | 46 | 6,7 | 2 | 189 | 76-77 | 58 | 3,2 | 36 | 295 | 75-76 | 106 | 2,8 | 75 |
| | Khenquet S.N | 849 | 72-73 | 254 | 3,3 | 155 | 22 | 74-75 | 8 | 2,8 | 6 | 358 | 75-76 | 102 | 3,5 | 59 | 538 | 75-76 | 175 | 3,0 | 115 |

TSS max (1) : maximum saisonnier des transports solides spécifiques en t/km²,

TSS moy (2) : transports solides spécifiques moyens saisonniers en t/km²,

écart (1) / (2) : rapport des TSS max (1) aux TSS moy (2), TSS moy - (1) : moyenne saisonnière des TSS à l'exception du maximum saisonnier.

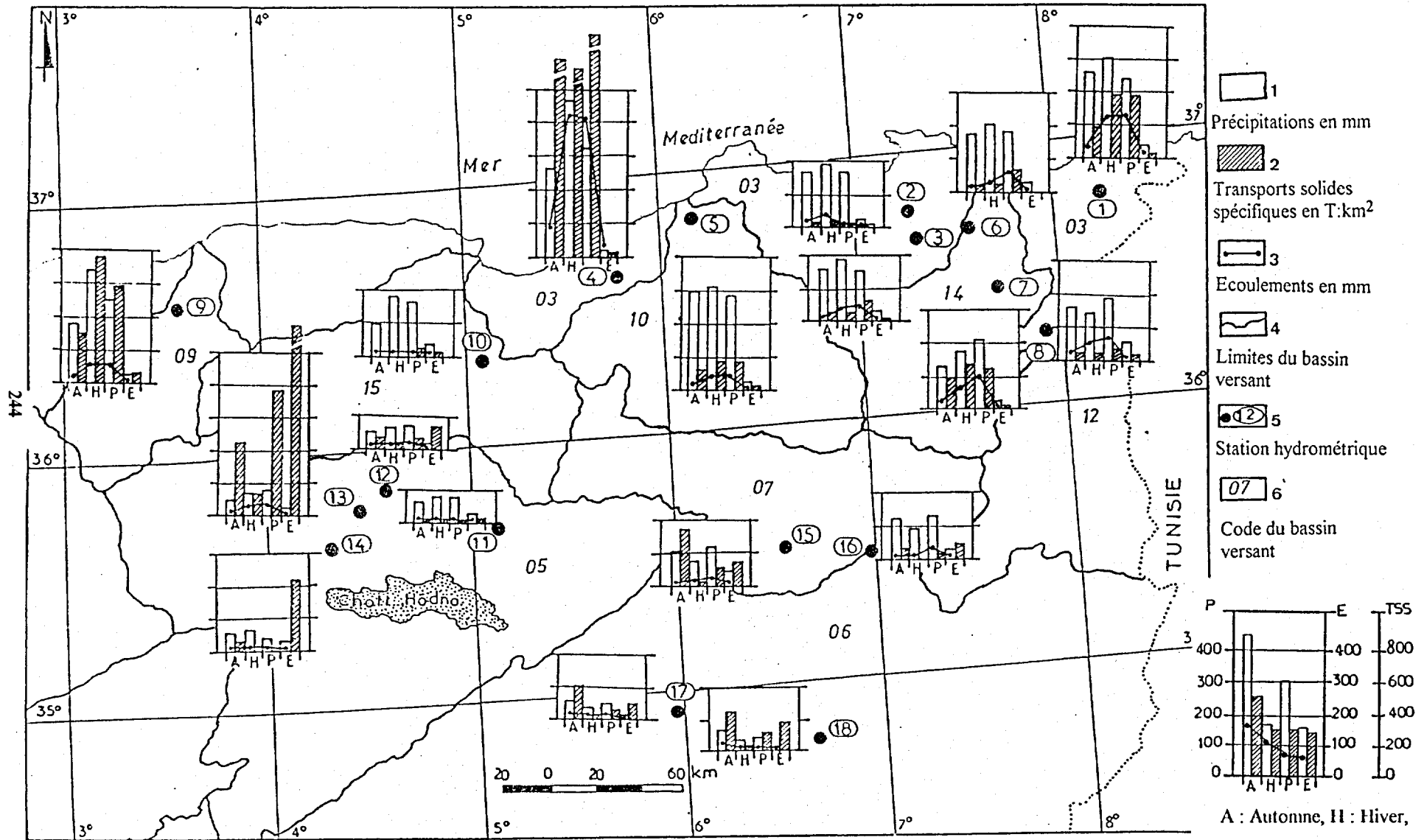


Fig. 8 : les Variations saisonnières des précipitations, de l'écoulement et des transports solides spécifiques.

- | | | | | |
|--------------------|---------------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|
| Bassins versants : | 03 Côtiers constantinois, | 05 Chott Hodna, | 06 Chott Medrhir, | 07 Hauts plateaux constantinois, |
| | 09 Isser, | 10 Kébir Rhumel, | 12 Medjerda, | 14 Seeybouse, |
| | | | | 15 Soummam. |

A : Automne, H : Hiver,
P : Printemps, E : Eté.

A) - L'automne est la saison de l'érosion maximale dans les bassins - versants de l'O. El Abiod est l'O. Reboa avec une fréquence des valeurs saisonnières de transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne qui ne dépasse pas 43 % .

B) - L'hiver est la saison de l'érosion maximale dans les bassins - versants de l'O - Melah à Bouchegouf, l'O. Kébir - Rhumel à El Ancer , l'O. Isser à Lakhdaria et l'O. Djendjen à Missa avec une fréquence des valeurs saisonnières de transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne qui dépasse 50 % .

C) - Le printemps est la saison de l'érosion maximale dans 6 bassins - versants différents dont 4 côtiers avec une fréquence de valeurs saisonnières de transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne qui ne dépasse pas 29 % .

D) - L'été est la saison de l'érosion maximale dans les 4 bassins - versants du Chott Hodna et le bassin - versant de l'O. Gueïss dans les Aurès avec une fréquence des valeurs saisonnières de transports solides spécifiques supérieurs à la moyenne qui varie entre 17 et 29 % .

Ainsi, la concentration dans le temps de la dynamique érosive se manifeste par deux phénomènes hydro - morphologiques essentiels : (Tab n° 8)

1°) - La turbidité des cours d'eau étudiés atteint ses valeurs maximales dans 11 stations différentes, dont 5 côtières, durant l'automne et dans 5 stations dont 4 contrôlent les bassins - versants des hautes plaines sétifiennes , en été . Les fortes valeurs de transports solides spécifiques de l'automne et de l'été résultent essentiellement des crues d'orages de cette période .

Ces crues localisées et brutales sont générées par les averses de courte durée et de fortes intensités dépassant souvent 20 mm / h pour des précipitations de 30 mn. Elle s'abattent souvent sur des sols et versants secs, dessiqués, mal protégés ou à mi et bien exposés aux pluies . Les crues estivales et automnales produisent des concentrations en sédiments considérables et des lames d'eau écoulées localisées, car l'écoulement de cette saison reste souvent rare ou temporaire dans la majorité des cours d'eau de l'Algérie orientale . Les ruissellements résultant de ces crues se produisent sous l'effet de glaçage provoqué en surface par les fentes de retrait et l'imperméabilisation par saturation superficielle des versants argilo - marneux dépourvus de végétation . Les crues estivales et automnales se distinguent des autres crues de l'année par un hydrogramme de forme pointue et par un temps de montée très court .

2°) Par contre, les crues généralisées de l'hiver et de printemps sont à l'origine des valeurs maximales de transports solides spécifiques de février et mars des oueds. Kébir ouest, Djendjen et Medjerda. Ces crues sont générées par les précipitations généralisées dans l'espace , régulières, continues et caractérisées par des intensités faibles ou moyennes . Elles affectent des sols et versants saturés et imperméables pouvant entraîner des ruissellements importants et généralisés, particulièrement dans les bassins- versants côtiers et l'Isser .

tab n° 8 : Transports solides spécifiques mensuels et saisonniers maximaux

| Région | Station | Qm ³ /s max. | Mois | Tg/l max. | Mois | TSS t/km ² max. (1) | Mois | TSS t/km ² moy. an. (2) | (1)/(2) % | TSS t/km ² max. (3) | Saison | (1)/(3) % | (3)/(2) % |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|------|-----------|------|--------------------------------|------|------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------|-----------|-----------|
| I - Côtières constantinois | Aïn Assel | 18,272 | F. | 4,2 | N. | 231 | Ms | 903 | 26 | 378 | P | 61 | 42 |
| | Aïn Cherchar | 9,403 | Ms | 1,0 | F. | 25 | Ms | 92 | 27 | 42 | P | 60 | 46 |
| | Zit Emba | 3,618 | Ms | 2,4 | O. | 74 | Ms | 198 | 37 | 116 | P | 64 | 59 |
| | Missa | 18,797 | Ms | 22,7 | S. | 2259 | Ms | 7619 | 30 | 3549 | P | 64 | 47 |
| | El Ancer | 64,470 | Av. | 25,9 | S. | 102 | Av. | 516 | 20 | 188 | P | 54 | 37 |
| | Aïn Berda | 1,312 | Ms | 2,5 | O. | 89 | Ms | 214 | 42 | 113 | P | 79 | 53 |
| | Bouche gouf | 8,718 | Av. | 13,6 | N. | 211 | F. | 729 | 29 | 276 | H | 76 | 38 |
| II - Médjerda | Souk Ahras | 3,025 | Av. | 0,7 | Ms | 26 | Ms | 134 | 19 | 66 | P | 39 | 49 |
| III - Isser | Lakhdaria | 40,053 | F. | 54,6 | S. | 435 | Ms | 1714 | 25 | 767 | H | (-) | 45 |
| IV - Hautes plaines sétifiennes | Megraoua | 3,490 | Ms | 12,2 | J. | 21 | Ms | 99 | 21 | 52 | P | 40 | 53 |
| | Sidi Ouadah | 0,228 | Jv. | 6,8 | At | 23 | At | 36 | 64 | 23 | E | 100 | 64 |
| | Medjez | 2,180 | Av. | 27,5 | S. | 145 | J. | 338 | 43 | 155 | E | 94 | 46 |
| | Sed Fagues | 2,179 | Av. | 71,5 | J. | 2446 | J. | 3787 | 65 | 2495 | E | 98 | 66 |
| | Rocade | 3,483 | J. | 56,0 | At | 261 | J. | 515 | 51 | 429 | E | 61 | 83 |
| V - Aurès | Reboa | 1,475 | Av. | 32,2 | S. | 299 | S. | 594 | 50 | 351 | A | 85 | 59 |
| | Foum El Gueiss | 1,067 | Av. | 11,4 | At | 78 | At | 197 | 40 | 97 | E | 80 | 49 |
| | M'chounèche | 1,118 | S. | 38,5 | S. | 167 | S. | 401 | 42 | 191 | A | 87 | 48 |
| | Khenguet S.N | 3,326 | S. | 38,0 | O. | 134 | S. | 539 | 25 | 254 | E | (-) | 47 |

Q (m³/s) maximum : débit liquide mensuel maximal en m³/s.

T g/l maximale : turbidité mensuelle maximale en g/l,

TSS maximal (1) : transports solides spécifiques maximaux mensuels en t/km²,

TSS an. (t/km²) (2) : transports solides spécifiques moyens annuels en t/km²/an,

(1) / (2) : rapport entre les TSS max (1) et les TSS an (2) en %,

TSS max (3) : transports solides spécifiques maximaux saisonniers en t/km²,

(1) / (3) : rapport entre les TSS max (1) et les TSS max (3) en %,

(3) / (2) : rapport entre les TSS max (3) et les TSS an (t/km²) en %.

Les turbidités correspondant à ce type de crues sont relativement faibles et beaucoup influencées par le comportement hydro-morphologique de chaque bassin-versant notamment :

- * L'état de surface souvent protégée par la présence d'une couverture végétale .
- * La saturation des sols favorisant l'imperméabilisation et la cohésion des matériaux.
- * L'infiltration et l'agressivité faibles des pluies .

Ainsi, les quantités considérables de transports solides de cette période de l'année proviennent des zones et versants affectés par les mouvements de masse et les sapements de berges . Cela nous permet de dire que c'est l'érosion de l'automne et l'été qui est à l'origine de l'essentiel de la charge solide en suspension des oueds de l'Algérie orientale. Autrement dit , tout se passe comme si les forts débits de l'hiver et de printemps compensent bien la faiblesse de la turbidité et exercent une reprise de transport des sédiments mobilisables arrachés durant l'été et l'automne aux versants par les crues localisées . A cet effet, il serait intéressant de montrer quelques aspects hydro-morphologiques des variations spatio-temporelles des transports solides à travers deux crues caractéristiques .

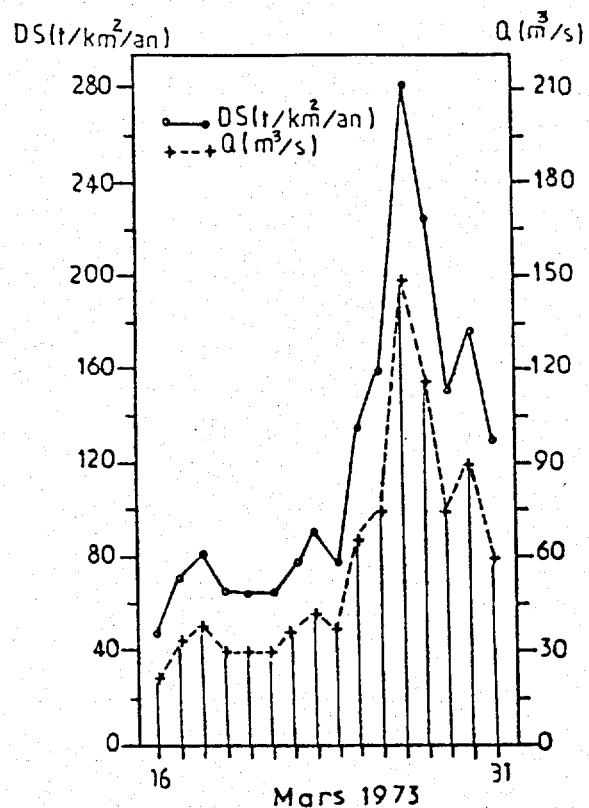
1°) - La crue de l'O - Djendjen (mars 1973) :

Cette crue s'est produite le 26 - 27 mars 1973 après une saison hivernale pluvieuse durant laquelle la station de Missa a enregistré 706 mm, soit 57 % de la pluviométrie annuelle, qui ont provoqué la saturation totale des versants argilo-gypseux du bassin moyen de l'O - Djendjen (Bourouba, 1988) (Fig n° 9) .

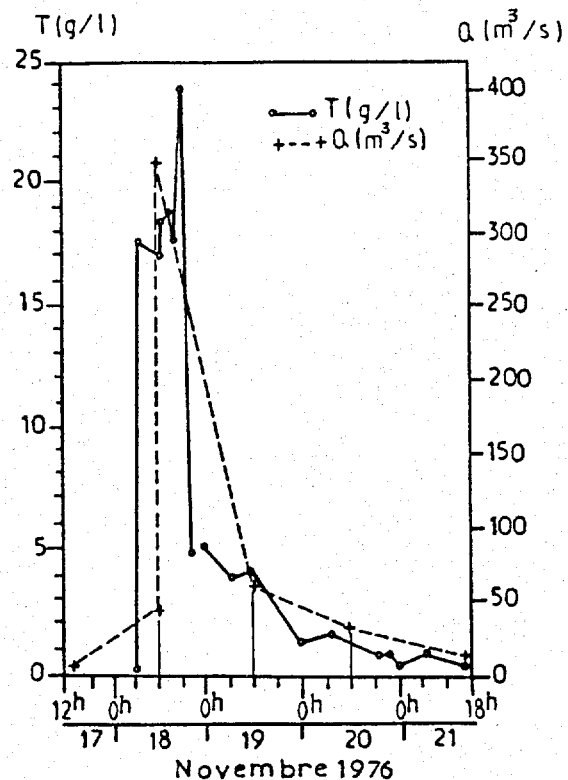
Le débit liquide est passé de 75.010 m³/s à 148,600 m³/s provoquant un débit solide qui a augmenté de 352,2 kg/s à 666,2 Kg/s durant la nuit du 26 au 27 mars 1973 - L'hydrogramme de cette crue est complexe et montre des fluctuations journalières de l'écoulement antérieur au débit journalier maximal du 27 mars . Cet aspect particulier de l'hydrogramme de la crue de l'O. Djendjen à Missa reflète bien la saturation générale des versants argilo-gypseux du bassin moyen où s'associent mouvements de masse et ravinements.

2°) La crue de l'O. Seybouse (Novembre 1976)

A l'inverse de la crue de l'O. Djendjen , celle de l'O- Seybouse s'est produite en fin de saison automnale . Durant cette période de l'année, les pluies s'abattent sur les versants sous forme d'averses localisées, de fortes intensités . L'allure de l'hydrogramme diffère beaucoup de celle de l'O. Djendjen par un temps de montée brutal et par un temps



Fig^o 9 : Station de Missa:
Variations journalières de
l'écoulement et de la dégradation
spécifique de la crue du 16 au 31
mars 1973



Fig^o 10: Station de Bouchegouf:
Variations journalières de l'écoulement
et de la turbidité de la crue du 17 au 21
novembre 1976

de réponse très court (Fig n° 10) . Le débit liquide de cette crue a augmenté du 17 au 18 novembre 1976 de 0,002 m³/s à 351,6 m³/s avec un débit maximal instantané de 1011 m³/s . Les variations brutales du débit liquide ont provoqué une augmentation rapide du débit solide qui est passé de 0,1 kg/s à 6 heures à 8438 kg/s à 12 heures de la journée du 18 novembre . Par conséquent, l'apport solide de cette crue s'élève à 729 tonnes en 24 heures (Ghachi, 1986) .

Ces deux crues caractéristiques de l'automne et printemps reflètent nettement l'intensité des processus érosifs dans le temps et l'espace . La charge solide en suspension varie d'un bassin à l'autre selon les caractères hydrologiques des crues et les conditions bio - morpho - chimatiques de la période de ces événements .

Conclusion :

Au point de vue pluviométrique , les bassins versants côtiers reçoivent des quantités pluviométriques supérieures à celles des autres bassins - versants . Ces derniers compensent la faiblesse et l'irrégularité pluviométriques par les intensités et la fréquence élevées des averses automnales et estivales .

Au point de vue hydrologique, l'écoulement diminue du littoral, au nord , aux Aurès, au sud dans le sens inverse des variations des transports solides spécifiques . Les débits forts de fin de saison humide coïncident avec les turbidités faibles ou moyennes.

Au point de vue érodibilité, les transports solides spécifiques des oueds des hautes plaines sétifiennes et des Aurès restent de loin supérieurs à ceux des cours d'eau septentrionaux à l'exception de celui de l'O. Djendjen . Ce bassin versant demeure de loin le plus dégradé de toute l'Algérie orientale .

Références bibliographiques :

- 1- *Annuaire hydrologiques et pluviométriques de l'Algérie, série 1972 - 73 / 1976 - 79*, ANRH, Bir Mourad Rais, Alger.
- 2- **BOUROUBA, M (1988) :**
Hydrologie et érosion actuelle dans le Tell oriental : Le cas du bassin - versant de l'O. Djendjen, thèse de 3e cycle, Aix - Marseille II, 404 pages.
- 3- **BOUROUBA, M (1993) :**
Bilan de l'érosion des bassins - versants de l'Algérie orientale, Revue TIGR n° 85 - 86, Reims, pp 15 - 24.
- 4- **BOUROUBA, M (1994) :**
Bilan comparatif de l'érosion dans deux bassins - versants de l'Algérie orientale : La Seybouse et Le Djendjen, Méditerranée n° 3 - 4, pp 31 - 39.
- 5- *Bulletin climatologique mensuel de la série 1972 - 1979*, ONM, Division climatologique de l'est, Constantine.
- 6- **DEMMAK, A (1982) :**
Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale, thèse de Doct-Ingén, université P.M Curie, Paris 6e, 323 pages, 1 carte 1 h.t.
- 7- **FOURNIER, F (1960) :**
Climat et érosion, PUF, Paris, 210 pages.
- 8- **GHACHI, A (1986) :**
Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le cas du bassin - versant de la Seybouse, OPU, Alger, 508 pages.
- 9- **KEBICHE, M (1993) :**
Le bassin - versant du Hodna : Ressources en eau et possibilités d'aménagement, Revue TIGR n° 85 - 86, Reims, pp 25 - 34.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Bourouba, M. - Essai de quantification de l'érosion actuelle à partir des mesures de turbidité en Algérie orientale, pp. 232-250, Bulletin du RESEAU EROSION n° 16, 1996.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr