

Comparaison de la charge solide en suspension dans les oueds algériens: essai de synthèse

A comparaison of suspended solid transport of Algerian oueds: Asynthetic approach

Mohamed BOUROUBA

Résumé:

Cette étude est fondée essentiellement sur l'analyse graphique simple des données hydropluviométriques de la période allant du 1^{er} septembre 1972 au 31 août 1979, représentative de la série normale. Celles-ci peuvent aider à comprendre les variations spatio-temporelles actuelles des transports solides en suspension et leurs relations avec les précipitations et l'écoulement dans 33 bassins versants de l'Algérie septentrionale. Ceux-ci s'étendent sur une distance de 200 km à vol d'oiseau de la Méditerranée, entre 36° et 37° de latitude nord, 2° de longitude ouest et 8° de longitude est. Ils diffèrent par leur taille comprise entre 93 km² et 8735 km² et par les domaines bioclimatiques dans lesquels ils s'insèrent variant entre le domaine aride des chotts et sebkhas au sud, et le domaine humide du littoral au nord. Les bilans d'érosion concordent beaucoup plus avec les variations spatio-temporelles de l'écoulement qu'avec celles des précipitations. Le taux spécifique de transports solides en suspension s'élève de 36 t.km⁻².an⁻¹ avec 261 mm de pluie et 20 mm d'écoulement moyen annuel dans le bassin versant aride de l'oued Soubella (chott Hodna) à 7619 t.km⁻².an⁻¹ avec 1083 mm de pluie et 864 mm d'écoulement moyen annuel dans le bassin versant humide de l'oued Djendjen (bassins côtiers constantinois).

Mots clés : bassin versant, bilan de l'érosion, dégradation spécifique, transports solides en suspension, transports solides spécifiques, Algérie.

Abstract:

This study is particularly based on simplified graphic analysis of hydrological rainfall data during the period from September 1st, 1972 to August 31st, 1979. The data is representative of the normal period. This would help to understand the present spatial and temporal variations of the relationship between suspended solid transport and runoff and rainfall in 33 drainage basins of the northern Algeria. The basins are located at straight distance of 200 km along the Mediterranean sea between the north latitude of 36° and 37°, 2° of west longitude and 8° of east longitude. Their sizes however are different and range from 93 km² to 8735 km². Their bioclimatic domain varies from arid chotts and sebkhas in the south to the humid coast of the north. The levels of erosion are much more compatible with spatial and temporal variations of the runoff than with the rainfall. The specific level of suspended solid transport reaches 36 t.km⁻².year⁻¹ (at annual average at the Soubella arid drainage basin - chott Hodna - with 261 mm of rainfall and 20 mm of runoff) and 7619 t.km⁻².year⁻¹ (at Djenedjen mountain drainage basin - Constantine coast - with 1083 mm of rainfall and 86 mm of runoff).

Key words : drainage basin, erosion level, specific degradation, suspended solid transport, specific solid transport, Algérie.

Maître-assistant, Department of Geography, College of Arts, King SAUD University, P.O. Box 2456, RIYADH 11451, SAUDI ARABIA.. Courriel : islamboroba@yahoo.com

Introduction

Les bassins versants de l'Algérie septentrionale constituent un domaine méditerranéen particulièrement riche en formes d'érosion. La plupart des oueds algériens drainent des bassins versants inscrits dans un relief jeune et accidenté où la diversité des terrains dépend d'une structure géologique très complexe. Dans le Tell, les versants façonnés dans les couches marneuses du Crétacé supérieur, ou près du littoral dans les strates argileuses tertiaires favorisent beaucoup l'extension spatiale des formes actuelles de ravinements et de mouvements de masse (Kouri. et Vogt., 1996).

Dans les secteurs argileux et marneux, la roche-mère affleure sur de grandes superficies, en particulier sur les versants dont les pentes dépassent le seuil de 25%. Dans la plupart des bassins versants, particulièrement dans les hautes plaines orientales et les bassins côtiers constantinois occidentaux, la dissection l'emporte souvent sur la pédogénèse offrant un paysage de crêtes aigües et de collines dénudées (Bougherara, 1986 ; Bourouba, 1988). Malgré l'extension actuelle de l'érosion et le seuil dangereux atteint par la dynamique érosive dans les différents bassins versants de l'Algérie septentrionale, la quantification des phénomènes érosifs se heurte à l'absence ou à l'insuffisance des observations chiffrées ainsi qu'à l'hétérogénéité de celles qui existent au niveau des stations hydrométriques. La disparité des données a contraint de sélectionner seulement 33 stations hydrométriques qui fournissent des observations pluviométriques et hydrologiques (débits et turbidité) sur un réseau de 64 gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

Ces stations sont réparties sur 13 grands bassins versants (fig.1) . Pour 24 stations, la série d'observation est de 7 années allant du 1^{er} septembre 1972 au 31 août 1979; pour les stations de Rouina, Sidi Ouadah, Sed Faguès et Medjez elle est de 6 ans (1^{er} septembre 1973 au 31 août 1979) et pour les stations de Missa , Souk Ahras, Rocade, El Ancer et El Ababsa elle est réduite à 4 années (1^{er} septembre 1975 au 31 août 1979) .

La période d'observations étudiée est constituée d'une succession d'années sèches et humides. Elle est considérée comme représentative de la série normale (SOGREAH, 1967). Le rapport entre la moyenne pluviométrique et le module de la série étudiée et ceux de la série de longue durée varie respectivement entre 1,15 à la station de Ghazaouet (bassins côtiers oranais) et 0,93 à la station de Keddara (bassins côtiers algérois) pour la pluviométrie et entre 3,35 à la station de Sed Faguès (chott Hodna) et 0,63 à la station d'Aïn Cherchar (bassins côtiers constantinois) pour les débits liquides.

Méthodes de mesure des transports solides en suspension

Le prélèvement des échantillons pour la mesure des transports en suspension s'effectue à l'exutoire des bassins versants sur les rives de la section mouillée à la surface du plan d'eau. La charge solide est déterminée selon la méthode classique qui consiste à filtrer sur papier-filtre les échantillons d'eau prélevés pour évaluer le poids de la boue qui est ramené à une unité de volume (1 litre) après séchage à l'étuve durant 30 minutes et l'élimination des matières organiques à une température variant entre 105 et 110 °C. Le filtre utilisé pour les mesures de transports solides en suspension est un filtre Laurent (Ø : 32 cm) sans pores avec une filtration moyenne. Ainsi, la charge solide mesurée représente les éléments fins et très fins véhiculés en suspension par les oueds. Elle est mesurée selon la formule suivante:

La concentration ou la turbidité (g/l) = 1000 (P2 – P1) / V, d'où :

P1: le poids du papier-filtre sec et vide évalué en grammes avant la pesée de l'échantillon.

P2 : le poids du papier-filtre avec les sédiments en suspension évalué en grammes.

V :le volume de l'échantillon..

Ces matériaux proviennent essentiellement des affleurements marneux du Crétacé et gypseux du Tertiaire. La teneur en suspension des 33 oueds étudiés est obtenue par la moyenne des sommes:

- 1- des valeurs quotidiennes de la période à écoulement normal caractérisée par des turbidités relativement faibles ou ne variant que très lentement au cours des 24 heures.
- 2- des valeurs instantanées des turbidités des écoulements des crues. Ces turbidités sont retenues suivant des intervalles de temps variant en fonction de la vitesse de l'augmentation du débit liquide. Si la montée des eaux dépasse une heure, on retient une valeur pour chaque heure avec, en plus, une valeur obligatoire enregistrée au maximum de chaque crue. En période de décrue, on prélève 6

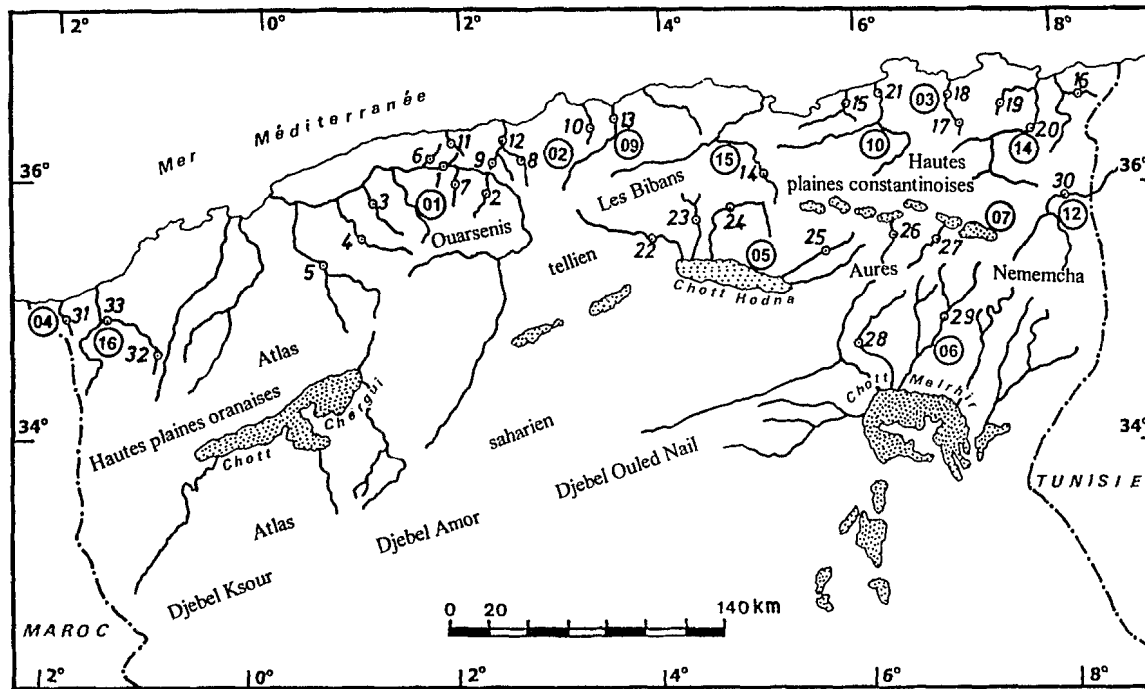


Fig 1 - Situation géographique des oueds étudiés
 Fig 1 Geographic location of oueds studied

01-Cheliff: 1-Rouina, 2-Deurdeur, 3-Sly, 4-Rhiou, 5-Heddad, 6-Ebda, 7-Harreza, 02- Côtiers algérois: 8-Chiffa, 9-Djer, 10-Bouroumi, 11-El Hachem, 12-Boudouaou, 03- Isser: 13-Isser, 15-Soummam: 14-Bousselam, 03- Côtiers constantinois: 15-Djendjen, 16-El Kébir est, 17-Hemmam, 18- El Kébir ouest, 14- Seybouse: 19-Ressoul, 20-Melah, 10- Kébir-Rhumel: 21-El Ancer, 05- Chott Hodna: 22-Leham, 23-Lougmane, 24-Ksob, 25-Soubella, 07-Hautes plaines constantinoises: 26-Reboa, 27-Gueiss, 07- Chott Melrhir: 28-El Abiod, 29-El Arab, 12- Medjerda: 30-Medjerda, 04- Côtiers oranais: 31-Tlata, 16-Tafna: 32-Chouly, 33-Remchi.

échantillons avec une fréquence d'un échantillon par heure durant les 6 premières heures et par la suite un échantillon toutes les 2 heures jusqu'à atteindre le débit de l'écoulement normal et/ou des étiages. Par leur nature, les mesures de transports en suspension présentent des difficultés relatives à la représentativité des concentrations. Les transports solides spécifiques correspondent aux apports solides rapportés à l'unité de superficie du bassin versant contrôlée par la station hydrométrique considérée. Ils sont obtenus suivant la formule suivante:

$$TSS (t \cdot km^2) = A.S (10^6 t) \cdot S^{-1} (km^2) \text{ avec:}$$

A.S ($10^6 t$): apport solide en 10^6 tonnes qui est égal à:

$Q (m^3/s) \cdot C (g/l) \cdot t (sec)$, d'où:

$Q (m^3/s)$: débit liquide en m^3/s ,

$C (g/l)$: teneur en suspension ou turbidité en gramme / litre et $t (sec)$: temps de la période d'observation en secondes.

Le poids des sédiments de l'échantillon ne reflète pas, en réalité la totalité des matériaux mis en mouvement par la dynamique globale affectant chaque bassin versant. Les transports solides spécifiques issus de ces concentrations ne tiennent pas compte des charriages de fond, des transports en solution, des variations de la teneur en suspensions d'un point à l'autre dans la section mouillée particulièrement durant les périodes de crues qui rendent les prélèvements dangereux pour l'observateur, des variations de la teneur en suspension selon les changements vertical et horizontal du point d'échantillonnage en période d'écoulement normal (Touat, 1989) et des flux de sédiments qui proviennent de l'érosion éolienne qui n'est pas négligeable durant les saisons estivale et automnale. Ces deux saisons sont caractérisées dans les chotts Hodna et Melrhir, ainsi que dans les hautes plaines, par des températures élevées qui accélèrent les processus de désagrégation mécanique des affleurements argilo-marneux. Ces processus sont favorisés également par les vents chauds saisonniers particulièrement le sirocco qui souffle 40 jours par an en moyenne sur ces bassins versants (Seltzer, 1946).

En conséquence, les taux de transports solides spécifiques obtenus à partir des mesures de la turbidité moyenne ramenées à la superficie totale du bassin versant restent de loin inférieurs aux taux de dégradation spécifique globaux correspondant à l'ensemble des matériaux évacués. De plus, ces sédiments sont le produit d'une dynamique érosive qui peut affecter des zones d'apports limitées et pas obligatoirement la totalité du bassin versant.

Dans le cas de cette étude, la turbidité moyenne a permis la comparaison de la teneur en suspension de 33 oueds principaux de l'Algérie septentrionale. Les échantillons pour la mesure des transports en suspension sont toujours complétés par des relevés pluviométriques et par des mesures du débit liquide effectués à la même station.

Des bilans d'érosion annuels très irréguliers

Les variations dans le temps et l'espace

En général, les moyennes annuelles des transports solides spécifiques se répartissent en 3 catégories :

1 - Un taux de dégradation spécifique élevé, supérieur à $2000 t/km^2/an$ est atteint dans 5 bassins versants, soit 1 bassin sur 6. Ces bassins versants nécessitent des programmes d'aménagement immédiats. Ces programmes doivent être consacrés particulièrement aux zones d'ablation actuelles qui donnent le plus d'apports.

2 - Un taux de dégradation spécifique moyen, qui varie entre 1100 et $1850 t/km^2/an$ est atteint dans 6 bassins versants, soit 1 bassin sur 5. Les bassins versants des oueds Rhiou et Lougmane présentent des taux de transports solides spécifiques supérieurs à $1800 t/km^2/an$. Ils peuvent basculer vers le taux de dégradation élevé si les conditions actuelles de l'érosion persistent davantage.

3 - Un taux de dégradation spécifique faible, inférieur à $950 t/km^2/an$ est atteint dans 22 bassins, soit 2 bassins sur 3. Dix présentent un taux de transports solides spécifiques inférieur à $200 t/km^2/an$. Ils présentent les bassins versants les moins dégradés où l'aménagement immédiat peut contribuer à court terme à une stabilisation maîtrisée des zones d'ablation actuelles, en particulier sur les versants affectés par une érosion qui n'a pas atteint encore un stade d'extension spatiale avancé.

La charge solide la plus élevée a été entraînée par les oueds des bassins côtiers algérois, du Cheliff, de l'Isser, du chott Hodna et du Djendjen . Le caractère torrentiel des bassins-versants de l'Isser, du Djendjen et du chott Hodna est un facteur commun et déterminant dans le comportement morphologique et le fonctionnement hydrologique des ensembles lithologiques argilo-gypseux et marneux qui affleurent sur de grandes superficies dans ces bassins versants. Outre le facteur lithologique, l'érosion anthropique joue un rôle capital dans l'extension de la géo-dynamique actuelle qui affecte particulièrement les massifs de l'Ouarsenis dans le bassin versant de l'oued Cheliff (Sari, 1977) et ceux des Babors dans les bassins côtiers du Constantinois occidental (Bougherara, 1986 ; Bourouba, 1988).

Les différences de comportement morphologique et de fonctionnement hydrologique sont exprimés nettement par le rapport du tonnage annuel à la charge solide spécifique moyenne annuelle. Ce rapport fait apparaître un ensemble de 3 à 4 années hydrologiques avec un tonnage supérieur à la moyenne et ce, dans 16 bassins versants, soit 1 bassin sur 2. Il montre une relation étroite entre la charge solide moyenne annuelle et le tonnage de l'année de plus forte érosion. A cet égard, si on élimine les exportations en suspension de l'année de plus forte érosion de l'ensemble des données de la série d'observations étudiée, le tonnage moyen annuel diminuera de plus de 35% dans 13 bassins-versants. Les écarts les plus élevés sont enregistrés dans les bassins versants du chott Hodna où cette diminution varie entre 45 et 76 %, ce qui reflète les caractéristiques spécifiques des régimes pluviométrique et hydrologique de ce bassin versant aride à écoulement endoréique et temporaire. Le régime pluviométrique y est conditionné par la fréquence élevée des averses locales d'origine orageuse. Le régime hydrologique y est influencé par le caractère des crues estivales et automnales. Par contre, ces écarts diminuent sensiblement dans les bassins versants des hautes plaines où ils varient entre 6 et 33 %. En terme de morphodynamique, ces écarts sont beaucoup plus significatifs dans les bassins versants où la concentration dans le temps de l'érosion hydrique est très élevée en été et en automne.

En outre les taux de transports solides spécifiques sont faibles et moins irréguliers dans les bassins versants du Tell oriental et occidental. Par contre, ils sont très irréguliers dans les bassins algérois et côtiers du Constantinois occidental. Ces bassins réunissent beaucoup plus de conditions permanentes favorables à une morphogénèse intense avec des pentes supérieures à 25%, un couvert végétal discontinu et / ou dégradé, des versants où l'occupation du sol est très forte, des ensembles lithologiques à dominante argilo-marneuse avec existence d'affleurements gypseux (Bourouba, 1993).

Enfin les discordances dans le temps entre les valeurs annuelles maximales respectives des précipitations, de l'écoulement et des transports solides spécifiques sont fréquentes. Les valeurs les plus élevées des trois variables ne concordent que durant les années hydrologiques 1972-73 dans 7 bassins versants(1 bassin sur 5), et 1975-76 dans 3 bassins versants, soit 1 bassin sur 10 (tab. 1). Les valeurs annuelles maximales des pluies concordent avec celles des transports solides spécifiques dans 12 bassins versants, soit près d'un bassin sur 3. Celles-ci présentent un coefficient de corrélation de 0,6961 (12 valeurs logarithmiques de pluie et de transport solide spécifique). Cette valeur est plus élevée que celle obtenue avec les moyennes annuelles des deux variables en question dans les 33 bassins versants (0,4936) (valeurs logarithmiques de pluie et valeurs absolues de transport solide spécifique). Le maximum annuel des transports solides spécifiques concorde avec celui de l'écoulement dans 22 bassins versants, soit 2 bassins sur 3. Le coefficient de corrélation entre les valeurs maximales de l'écoulement et celles des transports solides spécifiques est plus élevé que celui obtenu avec les pluies et les transports solides spécifiques. Il est de 0,5975 (22 valeurs logarithmiques de l'écoulement et 22 valeurs absolues de transport solide spécifique). Cette valeur est plus faible que celle obtenue avec les moyennes annuelles des deux variables en question dans 33 bassins versants (0,7198) (valeurs logarithmiques de l'écoulement et valeurs absolues de transport solide spécifique). Les plus fortes valeurs du coefficient de corrélation 0,9171 et 0,9765 sont obtenues respectivement avec les valeurs moyennes annuelles des pluies et des transports solides spécifiques et entre ceux-ci et l'écoulement dans les bassins versants telliens et côtiers du Constantinois.

Tab. 1- Dates et valeurs annuelles maximales des pluies, de l'écoulement et des transports solides spécifiques des bassins versants étudiés.

Tab. 1- Maximum annual values of rainfall, runoff and solid specific transports of the studied drainage basins.

Bassin versant	Oued	P mm	Année	E mm	Année	Tss t.km ⁻²	Année
01- Chellif	1- Rouina	504	75-76	112	72-73	1582	78-79
	2- Deurdeur	669	78-79	128	73-74	662	73-74
	3- Sly	507	75-76	149	78-79	2866	78-79
	4- Rhiou	501	72-73	74	78-79	2466	78-79
	5- Heddad	500	72-73	27	72-73	307	78-79
	6- Ebda	695	72-73	583	72-73	5453	78-79
	7- Harreza	620	75-76	102	72-73	1509	75-76
02- Côtiers algérois	8- Chiffa	997	78-79	771	73-74	8678	73-74
	9- Djer	949	72-73	251	73-74	3256	72-73
	10- Bouroumi	876	72-73	383	72-73	9397	72-73
	11- El Hachem	870	72-73	386	73-74	3292	73-74
	12- Boudouaou	943	72-73	611	72-73	1557	73-74
09- Isser	13- Isser	1098	72-73	252	72-73	3990	72-73
15- Soummam	14- Bousselam	735	72-73	40	72-73	248	75-76
03- Côtiers constantinois	15- Djendjen	1225	72-73	1585	72-73	10375	75-76
	16- El Kébir E	999	72-73	600	72-73	2063	72-73
	17- Hemmam	686	78-79	206	72-73	653	72-73
	18- El Kébir .O	684	78-79	154	72-73	252	72-73
14- Seybouse	19- Ressoul	791	72-73	320	72-73	742	72-73
	20- Melah	631	76-77	431	72-73	1440	72-73
10- Kébir Rhumel	21- K.Rhumel	1180	75-76	133	78-79	782	78-79
05- Chott Hodna	22- Leham	313	75-76	13	75-76	5153	75-76
	23- Lougmane	310	75-76	164	75-76	4539	75-76
	24- K'sob	318	75-76	41	75-76	1088	75-76
	25- Soubella	389	75-76	31	76-77	164	77-78
07- Hautes plaines constantinoises	26- Reboa	588	75-76	167	72-73	2621	72-73
	27- Gueïss	427	76-77	179	72-73	794	77-78
06- Chott Melhir	28- El Abiod	298	76-77	37	76-77	838	75-76
	29- El Arab	290	76-77	42	72-73	1260	72-73
12- Medjerda	30- Medjerda	889	75-76	266	76-77	239	76-77
04- Côtiers oranais	31- Tlata	634	72-73	154	72-73	938	72-73
16- Tafna	32- Chouly	630	72-73	176	72-73	301	72-73
	33- Remchi	636	72-73	115	72-73	406	72-73

Les variations annuelles des transports solides spécifiques et leurs relations avec les précipitations et l'écoulement

La relation entre le coefficient d'écoulement et les transports solides spécifiques reflète nettement l'érodibilité de chaque bassin versant (fig.2). Elle permet aussi la comparaison des bassins versants étudiés en fonction de leur taux de dégradation spécifique et du rapport de la lame d'eau écoulée à celle précipitée (fig.3). Ces figures 2 et 3 montrent 5 groupes de bassins versants différents.

Le groupe 1 est représenté par deux oueds méditerranéens, l'oued Ebda (point 6) et l'oued Chiffa (point 8), et par l'oued Djendjen (point 15), le seul torrent montagnard de l'Algérie septentrionale selon la classification de la figure 4. Les trois oueds drainent les bassins versants les plus dégradés avec une charge solide moyenne annuelle supérieure à 2400 t/km²/an. Ils présentent aussi les coefficients d'écoulement les plus élevés avec plus de 50%. Les oueds Chiffa et Ebda se ressemblent beaucoup par leur coefficient de torrentialité, leur superficie et leur lithologie. Par contre, l'oued Djendjen se distingue nettement des 33 oueds étudiés par un tonnage considéré parmi les plus élevés au monde (Nicod, 1993). Ce tonnage coïncide avec une pluviométrie et un écoulement parmi les plus forts de l'Algérie septentrionale. La valeur forte du coefficient d'écoulement de ce bassin versant est due à une pluviométrie (1083 mm) et une lame d'eau écoulée (960 mm) en moyenne très élevées. Ces deux valeurs placent l'oued Djendjen comme le cours d'eau le mieux alimenté en eau, le plus chargé en transports solides et par là même l'oued le plus agressif de l'Algérie septentrionale (Bourouba, 1994). Outre ces caractéristiques climatiques et hydrologiques, le bassin versant de l'oued Djendjen réunit les conditions morphologiques les plus favorables à une dynamique très intense : relief jeune et pentes supérieures à 25% entretenues par une néotectonique active, ensembles lithologiques à dominante argilo-gypseuse du Tertiaire, exposition au nord de la majorité des versants gypseux, et coefficient de torrentialité élevé (Bourouba, 1988). A l'exception de l'oued Djendjen, les deux autres oueds charrient un tonnage annuel nettement inférieur à celui de l'oued Bouroumi (point 10, groupe 3) et un peu plus proche de celui des trois oueds méditerranéens du groupe 2: l'oued Sly (point 3), l'oued El Hachem (point 11) et l'oued Lougmane (point 23). Malgré sa situation dans le bassin du chott Hodna aride à écoulement endoréique, l'oued Longmane ressemble beaucoup par son coefficient d'écoulement à l'oued Boudouaou (point 12) qui draine des reliefs littoraux humides et subhumides. Les oueds du *groupe 2* occupent une position graphique intermédiaire entre les groupes 2 et 4, car ils se rapprochent par leur coefficient d'écoulement des oueds du groupe 4 et ils ressemblent en même temps par leur tonnage moyen annuel aux oueds du groupe 3.

Le groupe 3 est composé par 5 oueds méditerranéens: Rouina (point 1), Rhiou (point 4), Djer (point 9), Bouroumi (point 10) et l'Isser (point 13). Dans ce groupe l'oued Bouroumi se distingue nettement par un tonnage élevé et un coefficient d'écoulement faible. Malgré leur coefficient d'écoulement faible, les oueds de ce groupe présentent des taux de transports solides spécifiques bien supérieurs à ceux du groupe 4, caractérisé par un écoulement plus abondant. La faiblesse de l'écoulement de ces oueds dépend de la pluviométrie faible de leurs bassins versants. Elle est aussi conditionnée par la perméabilité élevée des formations argilo-sableuses du Mio-pliocène des bassins versants des oueds Djer et Bouroumi ainsi que par une morpho-structure faillée dans le bassin versant de l'oued Isser (Bourouba, 1997).

Le groupe 4 est constitué par un ensemble de 3 oueds dont 1 appartenant au domaine méditerranéen, l'oued El Kébir-est (point 16) et 2 du domaine tempéré, les oueds Boudouaou (point 12) et Melah (point 20). La capacité de transport de ces oueds et leur pouvoir érosif sont atténués par le couvert forestier qui se développe bien sur les massifs constitués par les grès oligocènes, ainsi que par le réseau de failles favorisant l'infiltration des eaux durant les périodes pluvieuses dans les massifs calcaires jurassiques et des grès miocènes bien boisés du bassin versant de l'oued Boudouaou.

Le groupe 5 comprend un ensemble de 19 oueds dont 15 du domaine tempéré, 2 du domaine méditerranéen, Ksob (point 24), El Abiod (point 28) et 2 du domaine aride, El Arab (point 29) et Leham (point 22). Ces oueds oscillent entre deux types d'écoulement : un écoulement irrégulier et temporaire, caractérisé par de longues périodes d'étiages (Bourouba, 1998) ainsi qu'un écoulement endoréique alimentant les zones des chotts et sebkhas.

Ils présentent à la fois les transports solides et les coefficients d'écoulement les plus faibles de l'ensemble des oueds étudiés. Ils montrent aussi, à l'échelle annuelle, un comportement

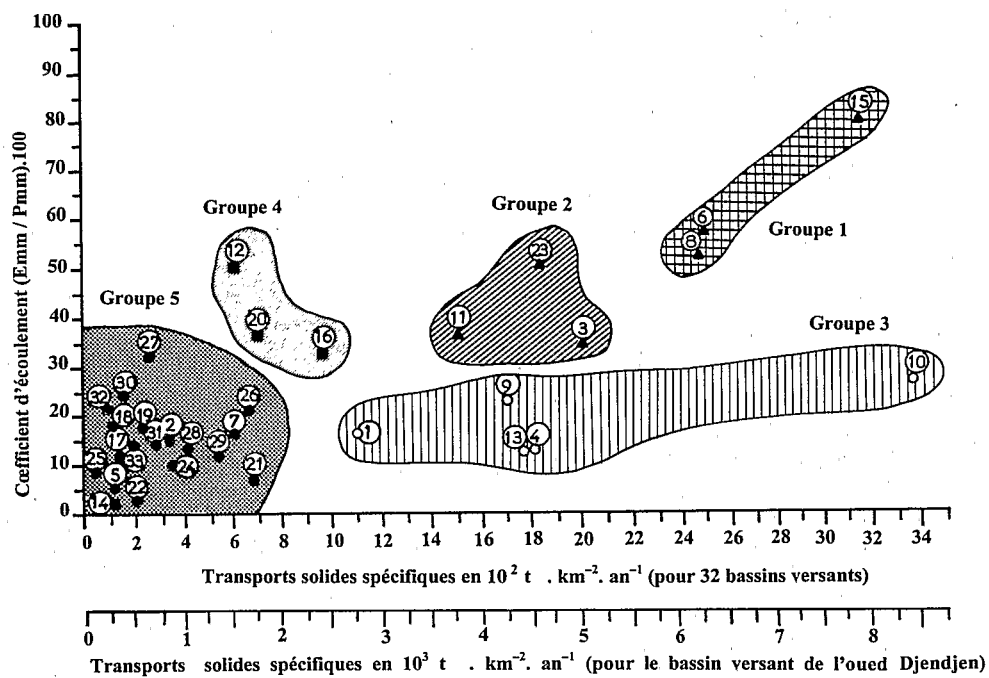


Fig 2 - Répartition graphique des bassins versants en fonction de la relation entre le coefficient d'écoulement et les transports solides spécifiques (moyenne septembre 1972 - août 1979)

Fig 2 Graphic repartition of drainage basins according to the relationship between the runoff coefficient and specific solid transports (mean September 1972 - August 1979)

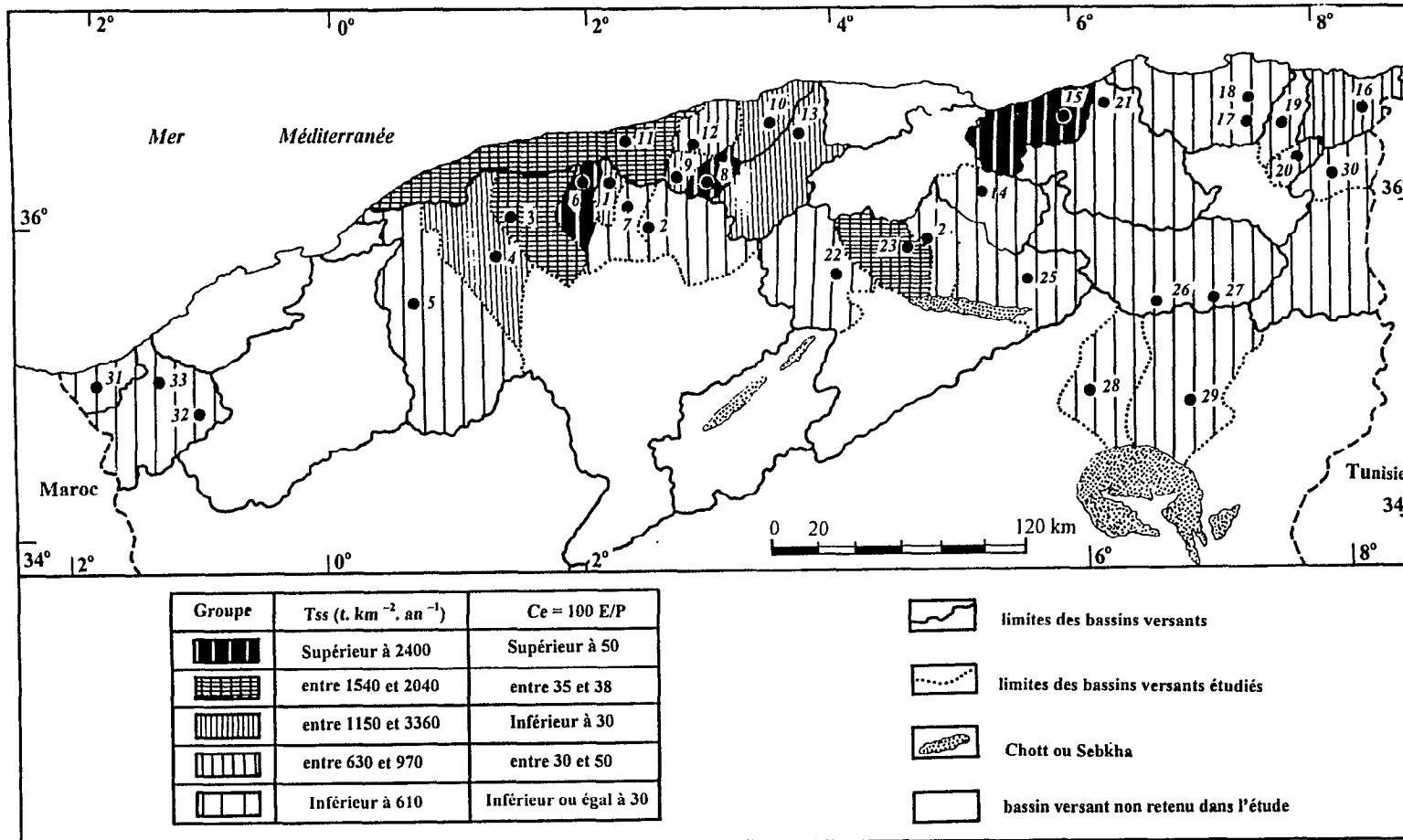


Fig 3 - Répartition géographique des bassins versants en fonction de la relation entre le coefficient d'écoulement et les transports solides spécifiques (moyenne septembre 1972 - août 1979)

Fig 3 - Geographic repartition of drainage basins studied according to the relationship between the runoff coefficient and specific solid transports (mean September 1972 - August 1979)

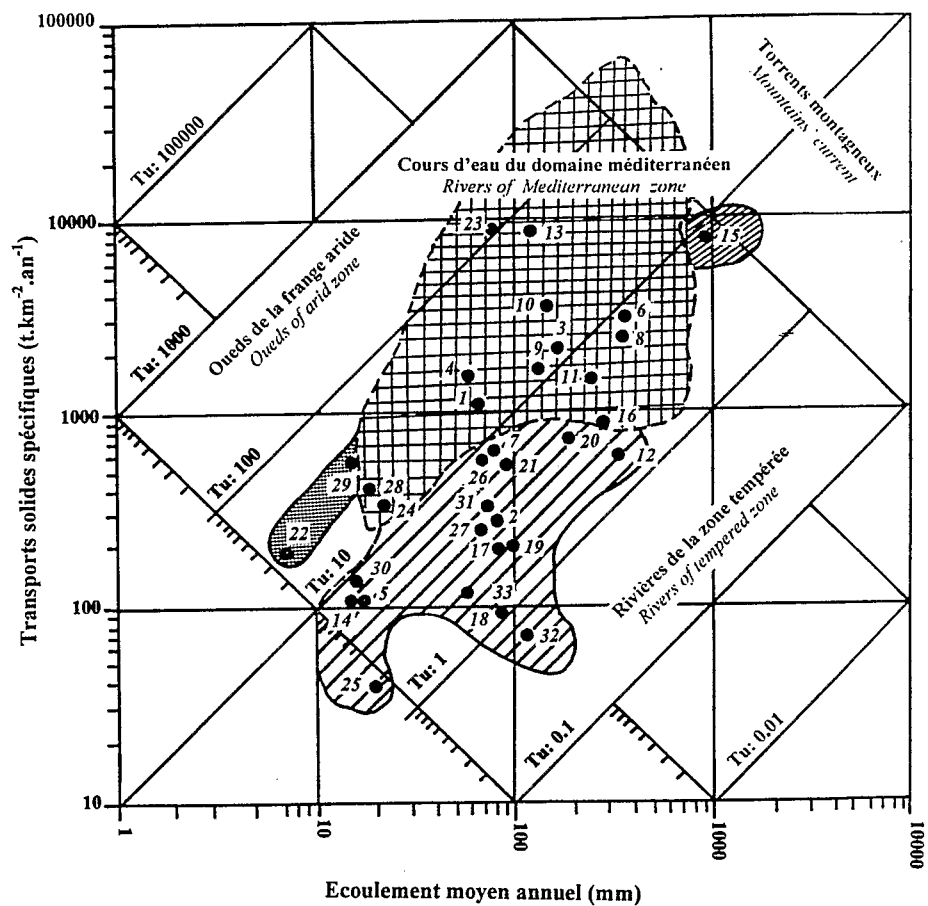


Fig 4 – Répartition des oueds algériens dans les domaines climatiques méditerranéens selon la relation entre l'écoulement et les transports solides spécifiques moyens annuels (moyenne septembre 1972 – août 1979) (Graphique d'après TABUTEAU.M, 1960)

Fig 4 – Repartition of Algerian oueds in the climatic mediterranean zones according to the relationship between runoff and specific solide transports (mean September 1972 – August 1979)

morphologique et un fonctionnement hydrologique qui basculent, d'un régime à l'autre, selon la combinaison complexe des conditions permanentes et des facteurs variables de l'érosion.

De ce fait, il est intéressant d'examiner les caractéristiques des variations de la teneur en suspension et leurs relations avec l'écoulement et les précipitations à l'échelle saisonnière.

Des bilans d'érosion très différents selon les saisons

La teneur en suspension des oueds résulte essentiellement du détachement des particules fines et très fines, constitutives du sol. Ce processus érosif affecte les zones d'ablation du bassin versant à des degrés différents selon les saisons. Les variations temporelles des transports solides en suspension sont exprimées par une concentration dans le temps de la dynamique érosive. Cette concentration varie d'une saison à l'autre et d'un bassin versant à l'autre. Elle montre des écarts significatifs nettement reflétés par les valeurs moyennes saisonnières et les valeurs mensuelles maximales des transports solides spécifiques.

Les variations des moyennes saisonnières

La répartition des moyennes saisonnières des transports solides spécifiques montre souvent une concentration de l'essentiel de la charge solide en suspension de la plupart des oueds algériens sur une ou deux saisons:

Le printemps qui va de mars à mai, est la saison durant laquelle sont enregistrés les bilans saisonniers de l'érosion les plus élevés dans 16 bassins versants, soit, 1 bassin versant sur 2 (fig. 5). Il précède aussi les autres saisons par le nombre de valeurs mensuelles maximales des transports solides spécifiques dans 14 bassins versants (fig. 6).

L'hiver, de décembre à février est la saison la plus arrosée et aussi la saison de plus forte érosion dans 8 bassins versants, soit, 1 bassin versant sur 4. Le maximum mensuel de la teneur en suspension a été atteint durant l'hiver dans 10 bassins versants, soit, 1 bassin sur 3 (tab. 2). Les variations des transports solides spécifiques de l'hiver dépendent fortement des précipitations élevées et des débits forts qui compensent la faiblesse des turbidités dans les bassins versants telliens. Ces bassins versants ressemblent beaucoup, par leur comportement morphologique et leur fonctionnement hydrologique durant l'hiver, aux bassins italiens (Guigo, 1975).

L'été qui va de juin à août et *l'automne*, de septembre à novembre, sont les périodes de plus forte érosion dans les bassins versants des hautes plaines constantinoises, ceux des chotts Honda et Melrhir, et dans l'ouest du bassin versant de l'oued Cheliff. Ces bassins versants sont particulièrement affectés par une érosion linéaire et une érosion hydrique très intenses. La dynamique érosive y est souvent engendrée par des averses orageuses, locales, violentes et très fréquentes durant l'été et l'automne. Celles-ci tombent souvent avec des intensités supérieures à 30 mm/h (Demmak, 1982). Ces averses exercent leurs effets sur des versants desséchés, dénudés et exposés le plus souvent au nord. Ceux-ci réunissent les conditions favorisant les phénomènes de splash et de glaçage. Ces processus morphologiques sont à l'origine des ruissellements et de la genèse de fortes crues estivales et automnales. Ces dernières coïncident aussi avec la période du sirocco qui joue un grand rôle dans la désagrégation mécanique des roches. Le sirocco est aussi à l'origine de la dessiccation des roches meubles et de l'augmentation de l'évapotranspiration sur les versants modelés, en grande partie, par des glacis. Toutes ces conditions morphoclimatiques régnant sur les bassins versants des piémonts sahariens et sur ceux des hauts plateaux de l'Atlas saharien pendant l'été accélèrent la désagrégation mécanique des roches argilo-sableuses qui sont le plus souvent incisées par des réseaux denses de ravins. Ces ravinements s'étendent plus facilement sur les dépôts associés et les glacis.

les variations des valeurs mensuelles maximales

Les variations mensuelles montrent un décalage dans le temps entre les valeurs maximales des pluies, de l'écoulement, de la turbidité et des transports solides spécifiques. Ce décalage est doublé par une discordance dans l'espace de l'année du maximum mensuel (tab. 2 et fig. 7). Ces aspects se résument par la répartition suivante :

1) la pluviométrie atteint ses valeurs maximales au printemps dans 14 bassins versants soit, près d'un bassin sur 2. La valeur pluviométrique maximale a été enregistrée avec 328 mm en mars 1974 dans le bassin versant de l'Isser. Durant l'hiver, le maximum mensuel pluviométrique a été atteint dans

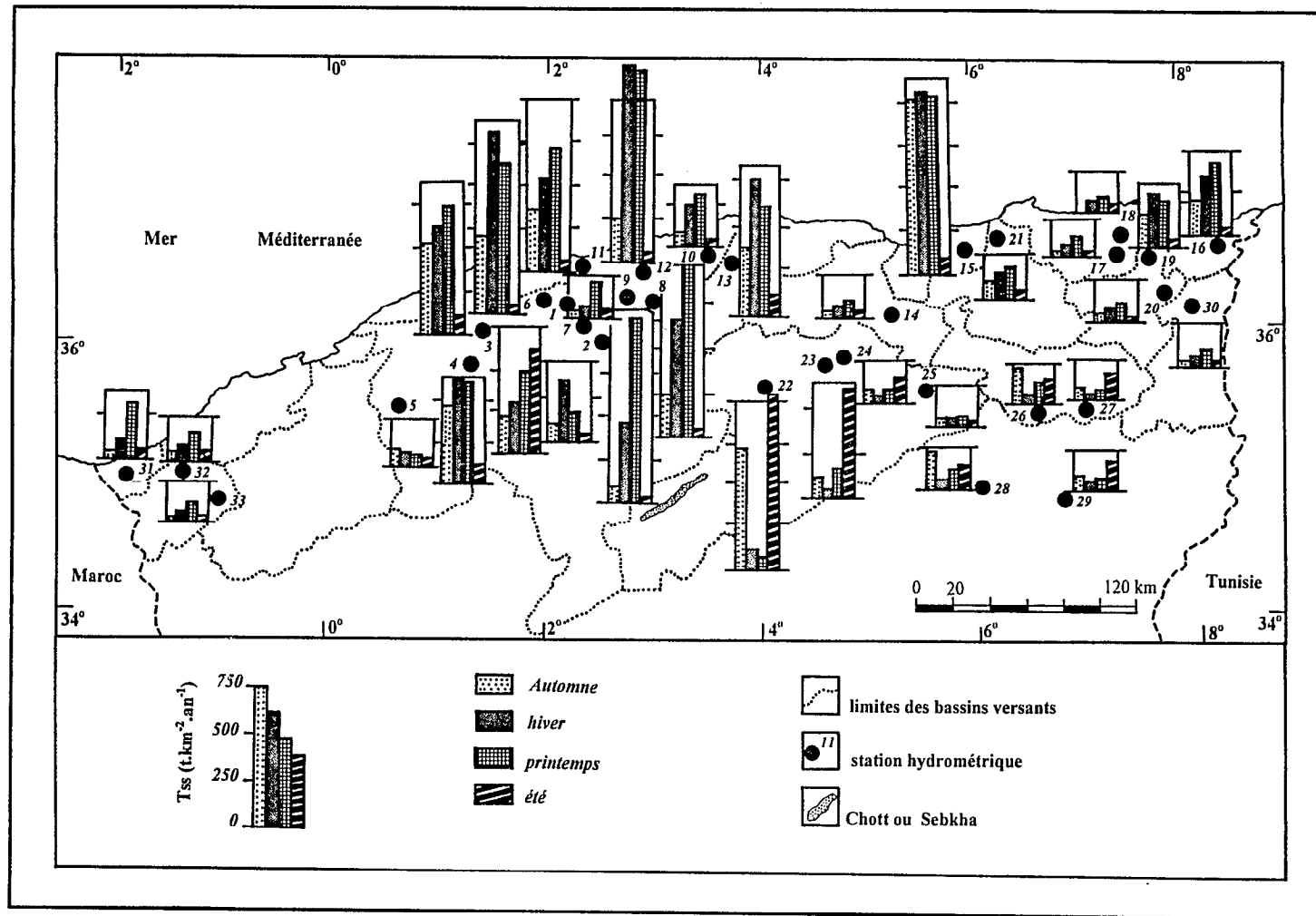


Fig 5 – Les variations saisonnières des transports solides spécifiques des bassins versants étudiés (moyenne septembre 1972 – août 1979)

Fig 5 Season variations of specific solid transports of drainage basins studied (mean September 1972 - August 1979)

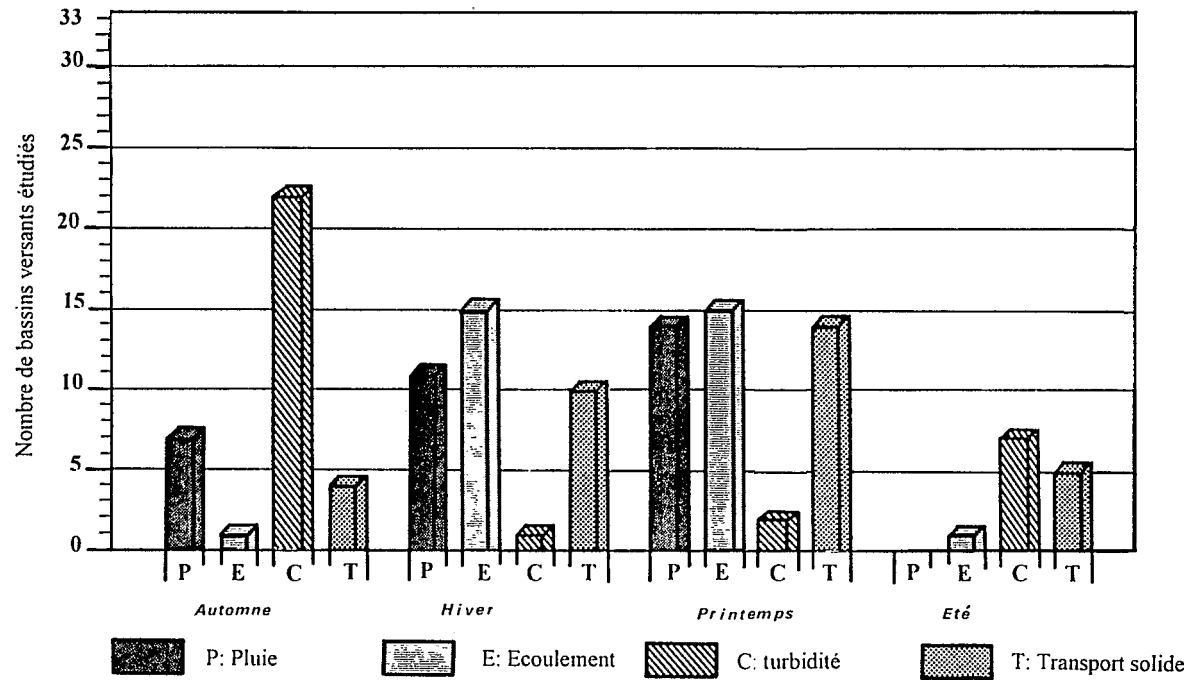


Fig 6 – Répartition des bassins versants étudiés en fonction de la fréquence du maximum mensuel de pluie, de l'écoulement, de la turbidité et des transports solides spécifiques par saison (moyenne septembre 1972 – août 1979)

Fig 6 – Repartition of drainage basins studied according to the frequency of monthly maximum of rainfall, runoff, turbidity and specific solid transports per season (mean September 1972 - August 1979)

Tab. 2- Dates et valeurs mensuelles maximales des pluies, des débits liquides, de la turbidité et des transports solides spécifiques des bassins versants étudiés

Tab. 2- Monthly values of rainfall, discharge, suspended solid transport and specific solid transport in studied drainage basins

Bassin	Oued	Qm ³ /s	Date	C g/l	Date	P mm	Date	Tsst/km ²	Date
01-Cheliff	1-Rouina	18.150	Fév 76	120.6	Sep 76	152.0	Déc	887.3	Fév 76
	2-Deurdeur	16,352	Fév 76	27,5	Oct 72	163,6	Fév	518,5	Ms 74
	3-Sly	37,232	Fév 76	86,1	Oct 78	145,1	Oct	3621,6	Ms 79
	4-Rhiou	26,524	Fév 76	274,8	At 78	142,6	Ms	1637,5	Fév 76
	5-Heddad	0,893	Fév 73	51,9	Oct 78	124,7	Fév	357,0	Oct 78
	6-Ebda	23,283	Fév 73	54,3	Oct 78	183,9	Fév	2777,9	Fév 73
	7-Harreza	15,290	Fév 76	25,4	Oct 72	138,8	Fév	877,2	Fév 76
02-Côtiers algérois	8-Chiffa	50.986	Ms 74	74.6	Sep 75	250.5	Avr	8654.1	Ms 74
	9-Dier	20.286	Ms 74	33.6	Ms 79	222.0	Nov	4253.0	Ms 74
	10-Bouroumi	14.652	Fév 73	72.7	Oct 78	196.0	Nov	6134.8	Ms 74
	11-El Hachem	10.584	Fév 73	20.9	Oct 74	196.3	Nov	3965.6	Fév 79
	12-Boudouaou	7.757	Fév 73	6.9	Nov 74	220.6	Nov	1484.7	Ms 74
09-Isser	13-Isser	124.71	Fév 73	137.7	Sep 75	328.3	Ms	2250.1	Fév 74
15-Soummam	14-Bousselam	10.965	Ms 73	41.5	Juin79	168.0	Ms	126.6	Mai76
03-Côtiers constantinois	15-Diendien	35.880	Ms 73	53.0	Sep 73	360.7	Déc	5341.0	Ms 76
	16-ElKébir .E	70.306	Ms 73	6.1	Nov 74	261.2	Ms	1171.2	Ms 73
	17- Hemmam	17.218	Ms 73	8.5	Oct 72	181.8	Oct	434.6	Jan 73
	18-ElKébir. O	39.775	Ms 73	3.3	Nov 75	180.3	Avr	117.8	Jan 73
14-Seybouse	19-Ressoul	6.945	Ms 73	12.7	Sep 76	200.3	Ms	470.2	Ms 73
	20-Melah	41.107	Ms 73	48.2	Nov 73	176.9	Avr	1316.7	Fév 75
10-K-Rhumel	21-K-Rhumel	161.00	Avr 79	27.0	Sep 75	277.6	Ms	243.9	Avr 79
05-Chott Hodna	22-Leham	13.200	Juin 73	214.0	At 73	77.3	Jan	1038.6	Juin 76
	23-Louqmane	30.769	Jan 77	327.0	Juin76	62.5	Fév	13721.2	Juin76
	24-Ksob	6.988	Jan 77	60.5	Juin 76	70.5	Fév	637.1	Juin 76
	25-Soubella	0.753	Jan 77	38.2	At 78	89.0	Jan	134.3	At 78
07-Ht. plaines constantinoise	26-Reboa	4.784	Avr 73	115.7	Oct 74	128.0	Déc	1695.8	Sep 72
	27-Gueïss	3.011	Avr 73	57.0	Jul 74	125.2	Ms	353.5	At 78
06-Chott Melrhir	28-El Abiod	5.246	Jan 76	153.0	Sep 75	61.0	Sep	539.6	Sep 75
	29-El Arab	13.247	Sep 73	160.5	Oct 75	65.0	Sep	447.8	Sep 72
12-Medierda	30-Medierda	6.980	Déc 76	1.0	Nov 76	185.3	Avr	80.7	Déc 76
04-Ct.oranais	31-Tlata	2.164	Ms 73	13.6	Déc 73	200.8	Avr	666.6	Ms 73
16-Tafna	32-Choulv	5.848	Ms 73	7.5	Sep 76	210.0	Avr	294.8	Ms 73
	33-Remchi	34.288	Ms 73	7.8	Ms 73	222.3	Avr	370.2	Ms 73

11 bassins versants, soit 1 bassin sur 3 avec une valeur record de 361 mm, en décembre 1972 dans le bassin versant de l'oued Djendjen. Des valeurs pluviométriques mensuelles maximales ont été enregistrées en automne dans 8 bassins versants, soit 1 bassin sur 4 avec une valeur record de 222 mm en novembre 1975 dans le bassin versant de l'oued Djer. Les pluies mensuelles maximales sont enregistrées durant les années 1972, 1977 et 1978 dans 2 bassins versants, 1979 dans 3 bassins versants, 1974 dans 4 bassins versants, 1973 et 1976 dans 6 bassins versants et 1975 dans 8 bassins versants (fig. 7 A).

2) le débit liquide mensuel atteint ses valeurs maximales en hiver dans 16 bassins, soit 1 bassin sur 2 avec une valeur record de 125 m³/s en février 1973 à l'Isser; le printemps vient en tête dans 15 bassins avec une valeur record de 161 m³/s en avril 1979 dans le bassin versant de l'oued Kébir-Rhumel, en été dans le bassin versant de l'oued Leham avec une valeur-record de 13,2 m³/s en juin 1973 et en automne dans le bassin versant de l'oued El Arab avec une valeur record de 13,3 m³/s en septembre 1973. Le maximum mensuel de débit a été enregistré dans 20 bassins versants, soit 2 bassins sur 3 durant l'année 1973, dans 2 bassins durant 1974, dans 7 bassins durant 1976, dans 3 bassins en 1977 et dans 1 seul bassin en 1979 (fig 7 B).

3) La turbidité mensuelle atteint ses valeurs maximales en automne dans 23 bassins versants, soit 3 bassins sur 5 avec une valeur record de 160,5 g/l en octobre 1975 dans le bassin-versant de l'oued El Arab. Elle est enregistrée en été dans 7 bassins versants, soit 1 bassin sur 5 avec une valeur record de 275 g/l en août 1978, dans le bassin versant de l'oued Rhiau. Le maximum de turbidité au printemps (2 bassins versants) ou en hiver (1 bassin versant) est un cas rare. La turbidité mensuelle maximale a été enregistrée dans 8 bassins versants en 1973, dans 5 en 1974, chaque année dans 6 bassins versants en 1975, 1976 et 1978 et dans 2 bassins versants en 1979 (fig 7 C).

4) les valeurs mensuelles des transports solides spécifiques atteignent leur maximum en automne dans 4 bassins versants avec une valeur-record de 1696 t/km² en septembre 1972 dans le bassin versant de l'oued Reboa, en hiver dans 10 bassins versants avec une valeur record de 3967 t/km² en février 1976 dans le bassin versant de l'oued El Hachem, au printemps dans 14 bassins versants avec une valeur record de 8654 t/km² en mars 1974 dans le bassin versant de l'oued Chiffa et en été dans 5 bassins versants avec une valeur record de 13721 t/km² en juin 1976 dans le bassin versant de l'oued Lougmane. Les transports solides spécifiques mensuels les plus élevés diffèrent d'une année à l'autre selon les bassins versants et sont enregistrés en 1972 et 1975 dans 2 bassins versants, en 1978 et 1979 dans 3, en 1974 dans 6, en 1973 dans 8 et en 1976 dans 9 (fig 7 D).

Conclusion

A l'échelle annuelle, 1 bassin versant sur 3 présente une dégradation spécifique supérieure à 1000 t/km²/an, soit une ablation variant de 1 à 3 mm/an, pour une densité moyenne de roches superficielles ne dépassant pas 2,65 (Foucault et Raoult, 1984). Au pas de temps annuel, 1 bassin sur 2 présente trois ou quatre années hydrologiques avec un tonnage annuel supérieur à la moyenne. Les rapports entre l'année de plus forte érosion et le tonnage moyen annuel sont très étroits en particulier dans les bassins versants du chott Hodna. Les valeurs annuelles des pluies, de l'écoulement et des transports solides spécifiques sont souvent décalées dans le temps et l'espace. Malgré leur proximité de la Méditerranée les 33 oueds étudiés représentent les différents types d'écoulement méditerranéens allant du régime des torrents montagnards au régime des oueds arides sur une distance ne dépassant pas 200 km, à vol d'oiseau de la Méditerranée. La complexité du fonctionnement hydrologique et du comportement morphologique des bassins versants algériens apparaît le mieux par les discordances entre le coefficient d'écoulement et les tonnages annuels des oueds des groupes 3 et 4

A l'échelle saisonnière, 1 bassin sur 2 des bassins versants telliens et côtiers atteint le maximum de son tonnage saisonnier durant le printemps. Par les précipitations élevées et les débits forts correspondant, cette saison est aussi la période du maximum mensuel des transports solides spécifiques. L'hiver, saison la plus arrosée est la période de forte érosion dans 1 bassin sur 4. Les abats d'eau de l'hiver arrivent souvent après le lessivage total des versants par les fortes averses automnales. Dans les bassins versants des hautes plaines et des chotts, l'automne et l'été sont les saisons au cours desquelles la turbidité est la plus forte. Le pouvoir érosif et la capacité de transport élevés des averses

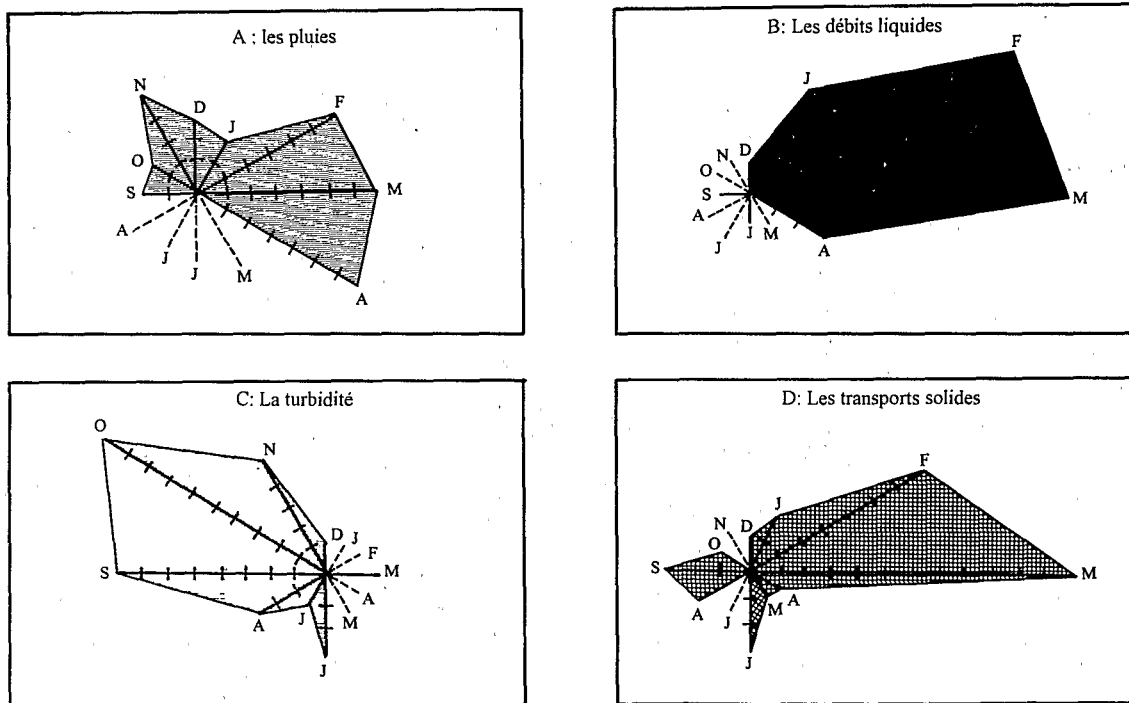


Fig 7 – Répartition des bassins versants étudiés en fonction de la fréquence du maximum mensuel des pluies, du débit liquide, de la turbidité et des transports solides spécifiques (période septembre 1972 – août 1979)
 Fig 7 Repartition of drainage basins studied according to the frequency of monthly maximum of rainfall, runoff, turbidity and specific solid transports (From September 1972 to August 1979)

estivales et automnales coïncident avec des conditions favorables à une érosion linéaire, intense qui est à l'origine de l'augmentation de la turbidité des oueds durant la période allant de la fin mai à la fin août.

Enfin, les taux de transports solides spécifiques obtenus à partir des mesures de turbidité restent de loin inférieurs aux taux de dégradation spécifique globaux qui résultent de la totalité des formes d'érosion actuelle affectant les secteurs instables des bassins versants. Cette instabilité est à l'origine de l'alimentation en troubles des oueds à partir des zones d'apport seulement et pas obligatoirement à partir de toute la superficie du bassin versant comme le présente la formule de calcul utilisée dans le calcul des transports solides spécifiques.

Références

Bougherara A. (1986) - *L'érosion actuelle dans le Tell oriental : le cas du bassin versant de l'oued Agrioun*. Thèse de 3^e cycle, Aix-Marseille II, 412p.

Bourouba M. (1988) - *Hydrologie et érosion actuelle dans Tell oriental : le cas du bassin versant de l'oued Djendjen*. Thèse de 3^e cycle, Aix - Marseille II, 404p.

Bourouba M. (1993) - *Bilan de l'érosion des bassins versants de l'Algérie orientale*. Travaux de l'institut de géographie de Reims, 85/86; 15 - 24.

Bourouba M. (1994) - *Bilan comparatif de l'érosion actuelle dans deux bassins versants de l'Algérie orientale: La Seybouse et le Djendjen*. Méditerranée 80, 3 / 4, 31-39.

Bourouba M. (1997) - *Les variations de la turbidité et leurs relations avec les précipitations et les débits des oueds semi-arides de l'Algérie orientale*. Bulletin de l'ORSTOM 17, 345 - 360.

Demmak A. (1982) - *Contribution à l'étude de l'érosion et les transports solides en Algérie septentrionale*. Thèse de Doct.-Ing., Université P.M. Curie, Paris 6 , 323p.

Foucault A. et Raoult J.F. (1984) - *Dictionnaire de géologie*. 2^e , Masson, 345p.

Guigo M. (1975) - *Les variations de la turbidité et leurs relations avec le débit et les précipitations sur le Magra, Fleuve de la Ligurie orientale*. Revue de géographie physique et géologie dynamique, XVII, 3, 259 - 278.

Kouri L. et Vogt H. (1996) - *Détermination de la sensibilité des terrains marneux au ravinement au moyen de SIG: le cas du bassin versant de l'oued Mina (Tell oranais)*. Bulletin de l'ORSTOM 16, 412 - 438.

Nicod J. (1993) - *Hydrologie et érosion dans quelques bassins versants de l'Algérie orientale et du Maroc septentrional*. Revue de géomorphologie et aménagement de la Montagne, Caen, 141 - 153.

Sari Dj. (1997) - *L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie)*. O.P.U, Alger, 622.

Seltzer P. (1946) - *Climat de l'Algérie*. Université d'Alger, Institut de Météorologie et de la physique du Globe, 219.

SOGREAH (1967) - *Etude générale des aires d'irrigation et d'assainissement agricole en Algérie*, dossier, ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, Alger.

Tabuteau M. (1960) - *Etude graphique pour les conséquences hydro-érosives du climat méditerranéen*, Bull.Assoc.Géogr.Français, 294/295, 130-142.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Bourouba, M. - Comparaison de la charge solide en suspension dans les Oueds algériens : essai de synthèse /
A comparison of suspended solid transport of algerian oueds : asynthetic approach, pp. 358-374, Bulletin du
RESEAU EROSION n° 21, 2002.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr