HAL
open science

Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie)

Mohamed Meddi, Amel Talia, Claude Martin

To cite this version:

Mohamed Meddi, Amel Talia, Claude Martin. Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, 2009, III, pp.61-84. hal-00395316

HAL Id: hal-00395316

https://hal.science/hal-00395316v1

Submitted on 15 Jun 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉVOLUTION RÉCENTE DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET DES ÉCOULEMENTS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA MACTA (NORD-OUEST DE L'ALGÉRIE)

Mohamed MEDDI (1), **Amel TALIA** (2) et **Claude MARTIN** (3)

(1) : LERP, Centre universitaire de Khemis Miliana, 44225 KHEMIS MILIANA, ALGÉRIE.
Courriel : mmeddi@yahoo.fr
(2) : Centre Universitaire de Saïda, 20100 SAÏDA, ALGÉRIE. Courriel : talia_a2003@yahoo.fr
(3) : UMR 6012 "ESPACE", Université de Nice-Sophia-Antipolis et CNRS, Département de Géographie, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3209, 06204 NICE Cedex 03. Courriel : claude.martin0156@orange.fr

RÉSUMÉ : En Algérie, les conditions climatiques qui prévalent depuis trois décennies ont une influence négative sur la ressource en eau. Ce travail a pour finalité de déterminer leur impact sur les cours d'eau du bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). L'étude des précipitations annuelles (de septembre à août) sur la période 1930-2002 montre une diminution très nette des pluies à partir de la première moitié des années 1970. Les débits des cours d'eau aux stations de Trois Rivières (sur l'oued El Hammam), de Sidi Ali Ben Youf et de Sidi Bel Abbès (sur l'oued Mekerra) en ont été affectés. Sur la période 1976-2002, les lames d'eau écoulées annuelles moyennes sont de 28 à 36 % plus faibles que sur la période 1949-1976. En valeurs moyennes, les précipitations se révèlent plus faibles pour toutes les saisons, mais les écoulements sont peu ou pas diminués en automne.

MOTS CLÉS : Précipitations, débits, lames d'eau écoulées, bassin versant de la Macta, Algérie.

ABSTRACT: In Algeria, the weather of the last three decades has a negative impact on water resources. The aim of this paper is to determine their impact on the rivers of the Macta basin (North-West of Algeria). The study of annual rainfall (September to August) over the period 1930-2002 shows a sharp decrease of rainfall from the first half of 1970. The flow of Trois Rivières station (wadi El Hammam), Sidi Ali Ben Youb station and Sidi Bel Abbes station (wadi Mekerra) were affected. Over the period 1976-2002, the annual average depth of runoff of runoff is 28 to 36% lower than for the period 1949-1976. On average, rainfall may be lower for all seasons, but the flows are not reduced in the autumn.

KEY-WORDS: Precipitation, runoff, depth of runoff, Macta basin, Algeria.

I - INTRODUCTION

Plusieurs manifestations climatiques récentes de grande ampleur ont poussé la communauté mondiale à s'intéresser aux changements climatiques et à leurs impacts sur les ressources en eau. Parmi elles, on peut citer la sécheresse qui a ffecté les pays du Maghreb, et l'Algérie en particulier, depuis les années 1970 (J.P. LABORDE, 1993 ; S. HAIDA *et al.*, 1999 ; H. MEDDI, 2001 ; A. EL MAHI, 2002 ; M. MEDDI et P. HUBERT, 2003 ; A. EL MAHI *et al.*, 2004 ; K. KETROUCI *et al.*, 2004 ; A. TALIA et M. MEDDI, 2004 ; A. KINGUMBI, 2006 ; H. MEDDI et M. MEDDI, 2007 ; N. LAFTOUHI et E. PERSOONS, 2007 ; R.G. LAHACHE et G. PILLET, 2008 ; B. BEKKOUSSA *et al.*, 2008).

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps. L'étude des séries

hydrométriques menée sur une durée assez longue permet donc d'évaluer la réponse des rivières aux variations du climat. Dans cette optique, nous allons examiner l'évolution des précipitations et des écoulements au cours des dernières décennies dans le bassin versant de la Macta, et plus particulièrement dans les bassins moyens et supérieurs des oueds Mekerra et El Hamman.

II - LE TERRAIN D'ÉTUDE

Situé au Nord-Ouest de l'Algérie, le bassin versant de la Macta s'étend sur une superficie de 14390 km^2. Il est drainé par deux principaux cours d'eau : l'oued Mebtouh, à l'ouest, et l'oued El Hammam à l'est (Fig. 1).

Le bassin versant de la Macta associe :

- Une basse plaine littorale : Elle est séparée de la mer par un cordon dunaire et présente des altitudes le plus souvent inférieures à 9 m, ce qui favorise la présence de plans d'eau, de marais et de steppes plus ou moins humides. Vers l'amont, elle se prolonge au sud-est par les vallées des oueds Sig et Habra.
- Des massifs, orientés SO-NE, qui confèrent un caractère montagneux à la plus grande partie du bassin versant : Les monts de Tessala (point culminant à 1061 m) bordent le bassin versant à l'ouest et au nord-ouest. Ils sont traversés par l'oued Mebtouh avant qu'il ne rejoigne la basse plaine inférieure. Au sud-ouest, ils sont relayés par la partie orientale des monts de Tlemcen (1412 m au djebel Ouargla). Les monts de Beni Chougrane (932 m) occupent une bonne partie de la zone moyenne du bassin versant. Celui-ci remonte, à l'est, jusqu'aux monts de Saïda (1201 m au djebel Tiffrit) et, au sud, jusqu'aux monts de Dhaya (1455 m au djebel Mezioud) et jusqu'aux hauteurs de la bordure septentrionale des hauts plateaux (1415 m au djebel Beghira) qui séparent le terrain d'étude de la dépression du Chott Ech Chergui.
- Enfin, de larges plaines alluviales insérées dans les massifs montagneux : Celle de Sidi Bel Abbès, de direction S-N, est associée à l'oued Mekerra (nom donné à l'oued Mebtouh dans sa partie supérieure). Le bassin de l'oued El Hammam, de son côté, renferme la plaine de Ghriss-Mascara, qui est orientée O-SO - E-NE, et qui est drainée par l'oued Ain Fekane.

Les plaines intérieures sont essentiellement constituées de formations détritiques, à prédominance marno-argileuse dans la région de l'Habra et sablo-argileuse avec des passages de graviers dans la région de Ghriss (J. BOROCCO, 1950 ; A. PERRODON, 1957). Les massifs sont armés par des roches carbonatées : calcaires du Crétacé dans les monts de Tessala et de Beni Chougrane (Photo 1), calcaires et/ou dolomies du Jurassique dans ceux de Tlemcen et de Dhaya. Sauf dans les monts de Tlemcen, la présence de roches tendres (marnes, argiles, grès) favorise les phénomènes d'érosion (Photos 2 et 3).

En amont de Bouhanifia, le bassin versant de l'oued El Hammam couvre un peu moins de 7700 km^2. L'oued El Hammam se forme à Trois Rivières, où se rejoignent les oueds Melrir, Hounet (formé par la confluence des oueds Sefioum et Berbour) et Sahouet (formé par la confluence des oueds Taria et Saïda – l'oued Sahouet est grossi de l'oued Fekane).

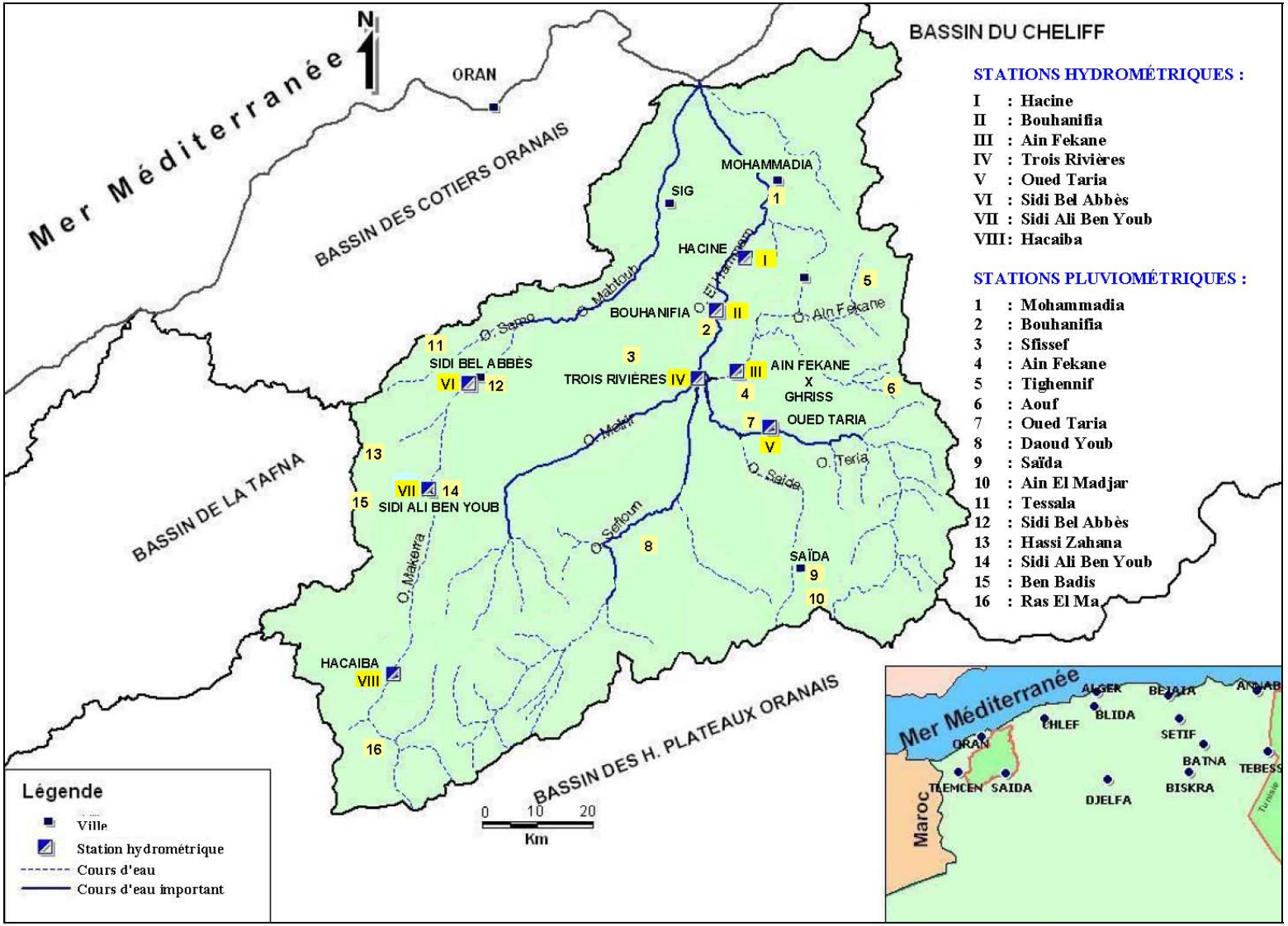


Figure 1 - Réseau hydrographique du bassin versant de la Macta.

Photo 1 - Une vue des monts de Beni Chougrane. (cliché : H. AZZAZ)

Photo 2 - Relief disséqué dans les monts de Beni Chougrane. (cliché : H. AZZAZ)

Photo 3 - Ravines dans les monts de Beni Chougrane. (cliché : H. AZZAZ)

III - PRÉCIPITATIONS ET TEMPÉRATURES

Au nord, le bassin versant de la Macta est soumis à un climat méditerranéen. Vers le sud, une tendance continentale s'affirme, qui se traduit par une aridité marquée, des hivers froids et des étés particulièrement chauds.

Seize postes pluviométriques fournissent des données remontant jusqu'en 1930 (Fig. 1). En considérant les années climatiques (du 1er septembre au 31 août), les précipitations annuelles moyennes sur la période 1930-2002 varient de 230 mm à Ras El Ma (dans la partie sud du bassin) à 559 mm à Aouf (au pied des montagnes de Beni Chougrane). Sur la période septembre 1930 - août 2004, les précipitations annuelles ont dépassé 800 mm en deux points d'observation seulement : Aouf (sept fois) et Ben Badis (une fois). À Aouf, la valeur annuelle de 800 mm a une période de retour d'une douzaine d'années (loi de GAUSS) et les précipitations ont atteint 991 mm en 1943-44 (période de retour : 149 ans).

Le rapport entre les précipitations annuelles maximales et minimales est proche de 4 ou 5 dans les stations humides (767 mm / 141 mm à Ain Fekane ; 807 mm / 176 mm à Ben Badis), mais il est plus fort dans les stations sèches (542 mm / 36 mm à Ras El Ma). Cette irrégularité interannuelle des précipitations est illustrée par les figures 2, 3 et 4, pour des postes (Ain Fekane, Ben Badis et Ras El Ma) répartis sur l'ensemble du terrain d'étude et présentant des pluviosités sensiblement différentes.

En étudiant les données de 120 postes pluviométriques du Nord de l'Algérie, J.P. LABORDE (1993) a mis en évidence une succession de quatre phases pluviométriques :

- Une longue phase où la pluviométrie est supérieure à la moyenne de 6 %, de 1922 à 1938.
- Une courte phase sèche débutant en 1939 et s'arrêtant en 1946 à l'ouest et au centre du pays (déficit de l'ordre de 11 %).
- Une phase pluvieuse qui dure jusqu'en 1972 environ.
- Une longue phase sèche qui s'affirme dès la fin de 1973.

Dans la partie occidentale de l'Algérie, les précipitations enregistrées depuis 1930 montrent de nombreuses années déficitaires pendant la décennie 40, puis sur l'ensemble des décennies 80 et 90 (A. TALIA, 2003 ; A. TALIA et M. MEDDI, 2004).

Ces différentes observations se retrouvent sur le bassin versant de la Macta. À Ain Fekane, dans la partie orientale du bassin, les précipitations ont été particulièrement faibles en 1944-45 (166 mm) et en 1998-99 (141 mm). À l'inverse, d'autres périodes se sont révélées excédentaires. Ce fut notamment le cas à la fin des années 40 et au début des années 50, où 7 années pluvieuses consécutives ont été observées.

On notera cependant que les précipitations annuelles aux différents postes ne varient pas toujours avec la même ampleur, ni même parfois dans le même sens (Fig. 5). Les valeurs minimales et maximales ne se placent pas partout aux mêmes dates. Cela se traduit évidemment par des régressions de mauvaise qualité entre les postes (Fig. 6).

Une rupture dans la stationnarité des séries pluviométriques a été mise en évidence entre la fin des années 1960 et celle des années 1970 (M. MEDDI et J. HUMBERT, 2000 ; A. TALIA, 2003 ; M. MEDDI et P. HUBERT, 2003). La diminution des pluies a touché l'ensemble de

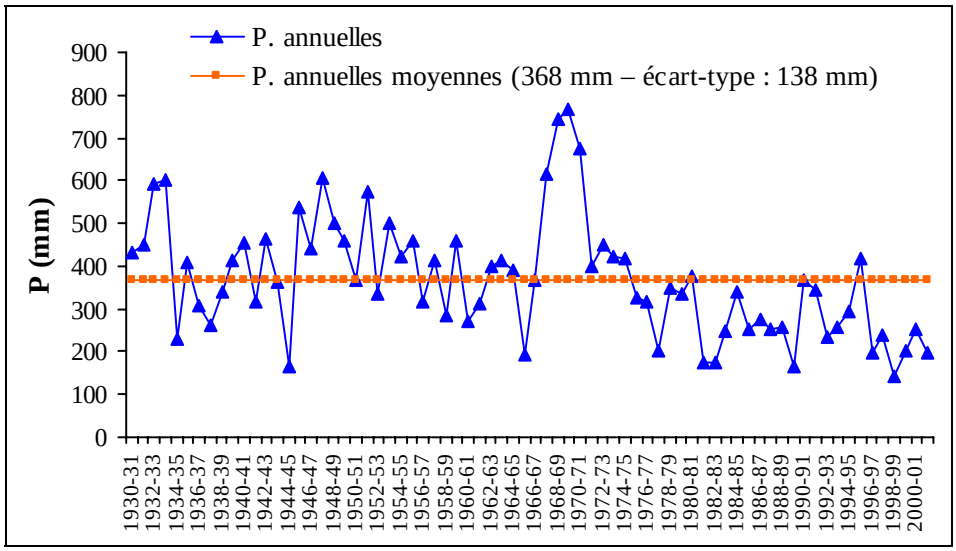


Figure 2 - Précipitations annuelles à Ain Fekane, de 1930-31 à 2001-02.

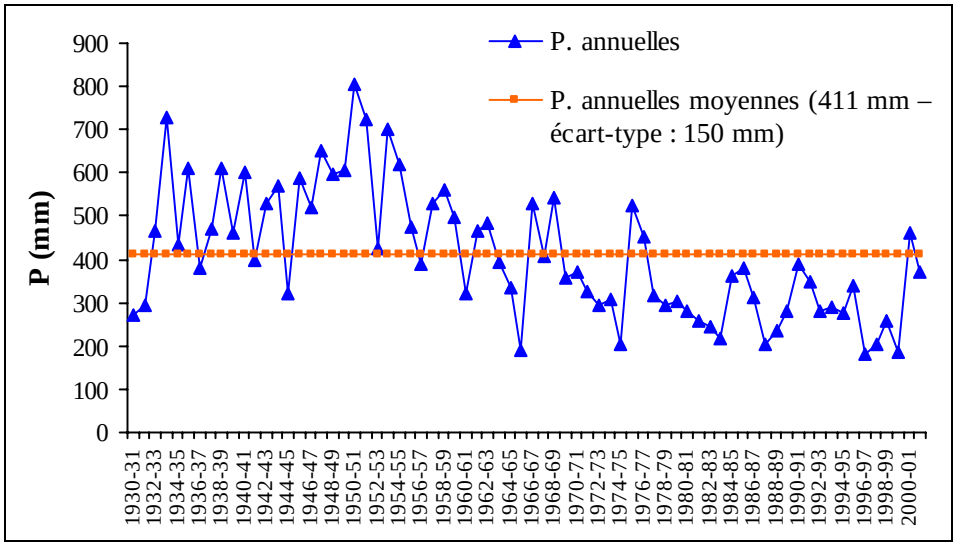


Figure 3 - Précipitations annuelles à Ben Badis, de 1930-31 à 2001-02.

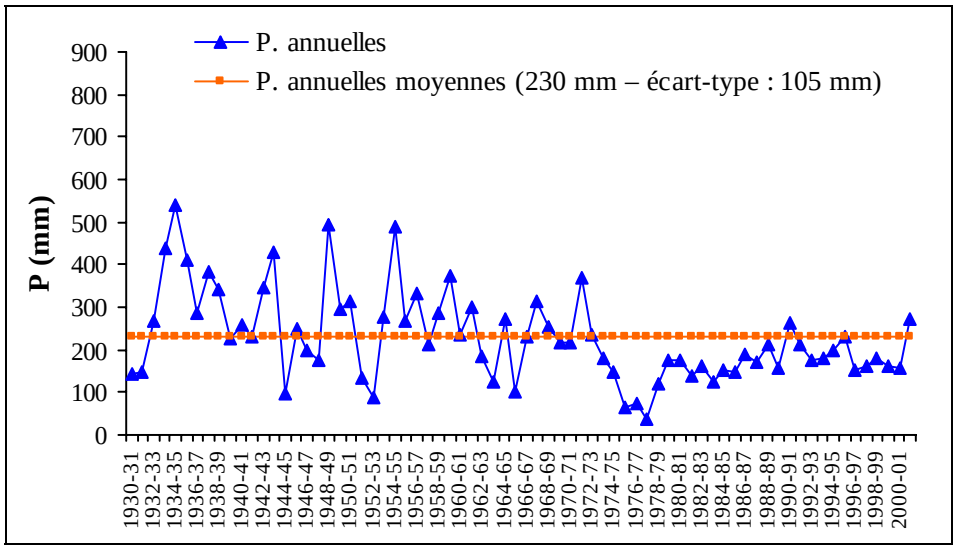


Figure 4 - Précipitations annuelles à Ras El Ma, de 1930-31 à 2001-02.

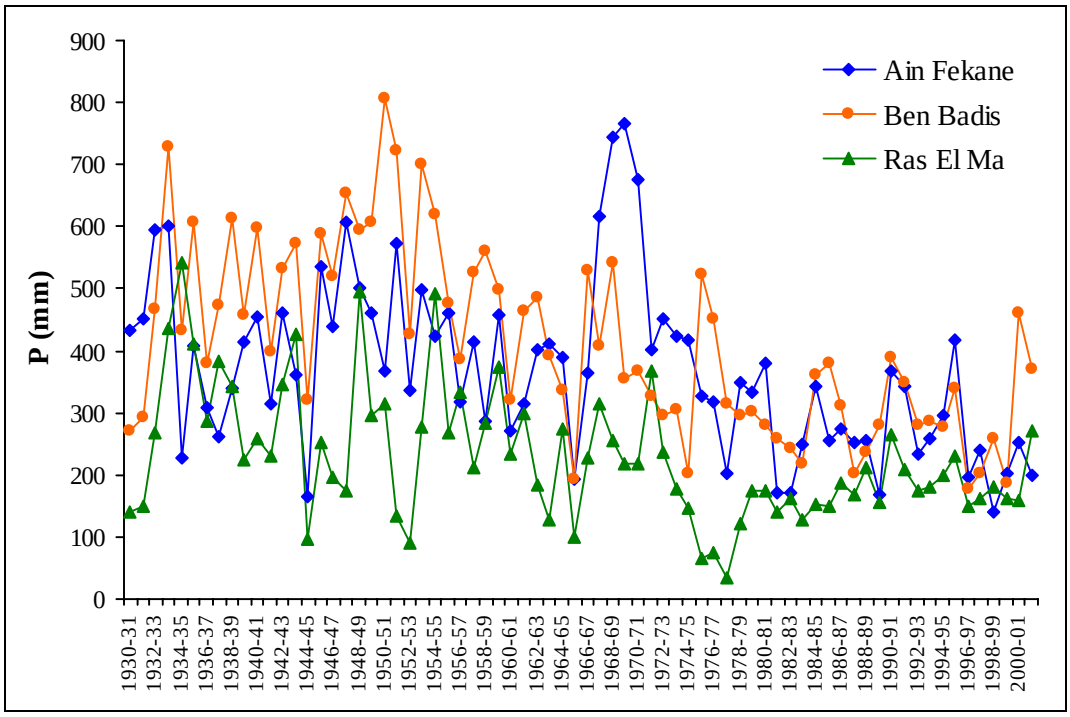


Figure 5 - Précipitations annuelles à Ain Fekane, Ben Badis et Ras El Ma de septembre 1930 à août 2002.

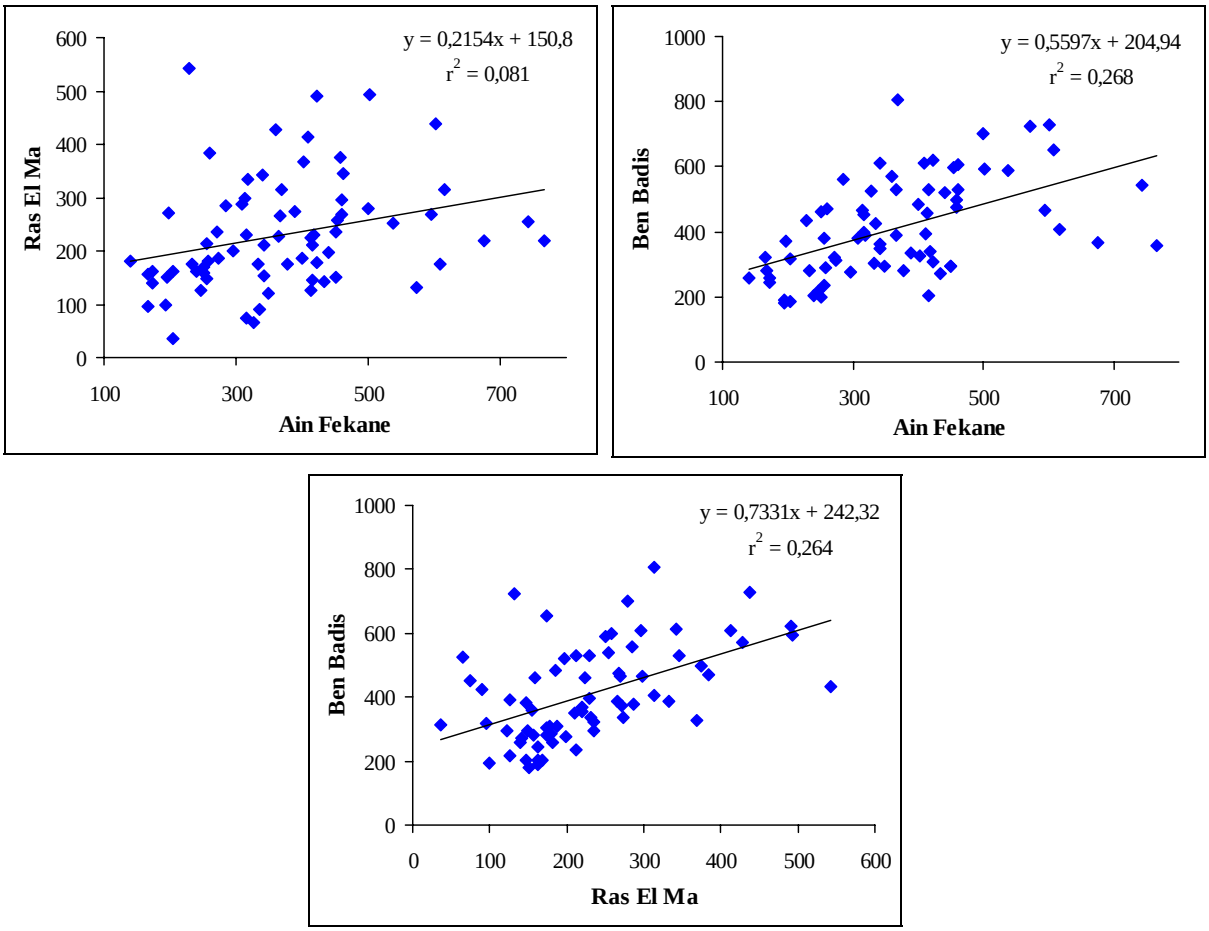


Figure 6 - Régressions linéaires entre les précipitations annuelles à Ain Fekane, Ben Badis et Ras El Ma de septembre 1930 à août 2002.

l'Algérie, mais elle a été surtout sensible dans sa partie orientale. Sur le bassin versant de la Macta, la rupture de stationnarité s'est produite fin 1968-69 à Ben Badis, fin 1972-73 à Ras El Ma et fin 1974-75 à Ain Fekane. Les précipitations annuelles moyennes avant et après le point limite sont respectivement de 429 et 266 mm à Ain Fekane (diminution de 38 %), de 500 et 306 mm à Ben Badis (diminution de 39 %) et de 274 et 164 mm à Ras El Ma (diminution de 40 %).

Les mois les plus arrosés se placent d'octobre à mai ; ceux de juin, juillet et août sont extrêmement secs (Fig. 7, 8 et 9). En règle générale, à Ain Fekane et à Ben Badis, les précipitations les plus abondantes se produisent en hiver, devant le printemps et l'automne. Dans un contexte plus sec, Ras El Ma montre des précipitations saisonnières presque égales de l'automne au printemps (Fig. 10).

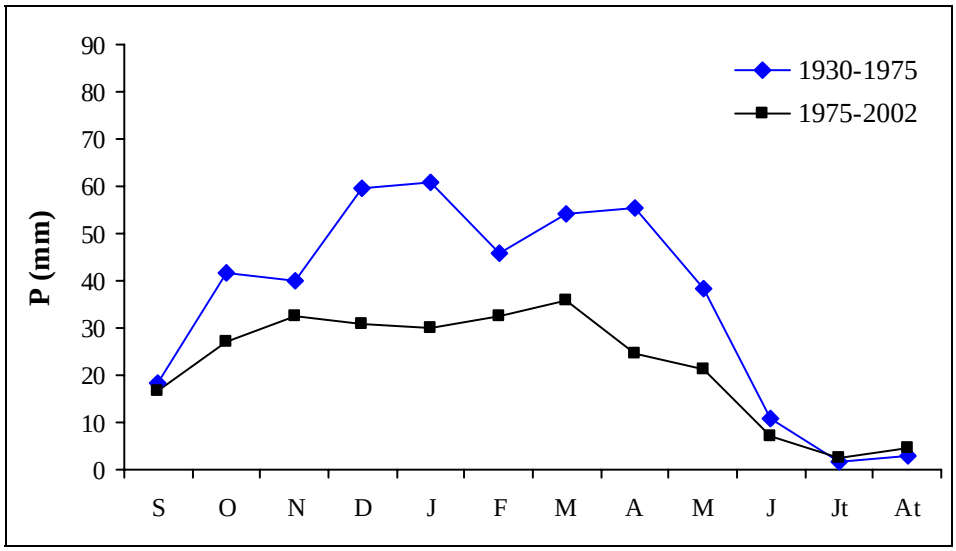


Figure 7 - Précipitations mensuelles à Ain Fekane de septembre 1930 à août 1975 et de septembre 1975 à août 2002.

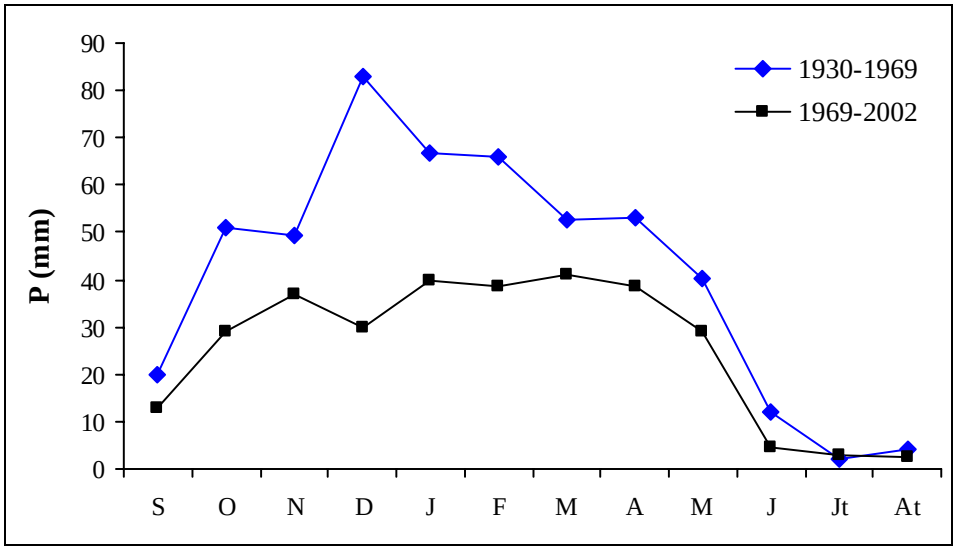


Figure 8 - Précipitations mensuelles à Ben Badis de septembre 1930 à août 1969 et de septembre 1969 à août 2002.

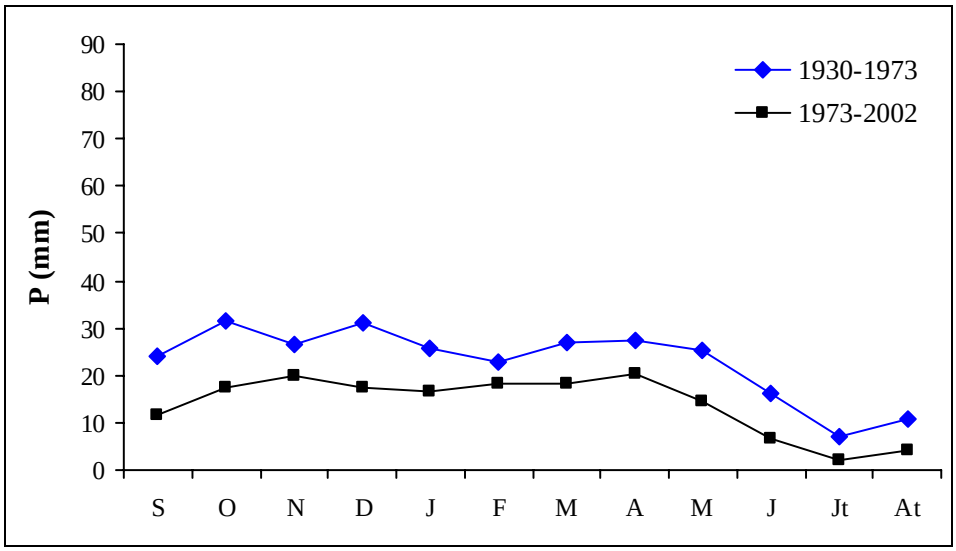
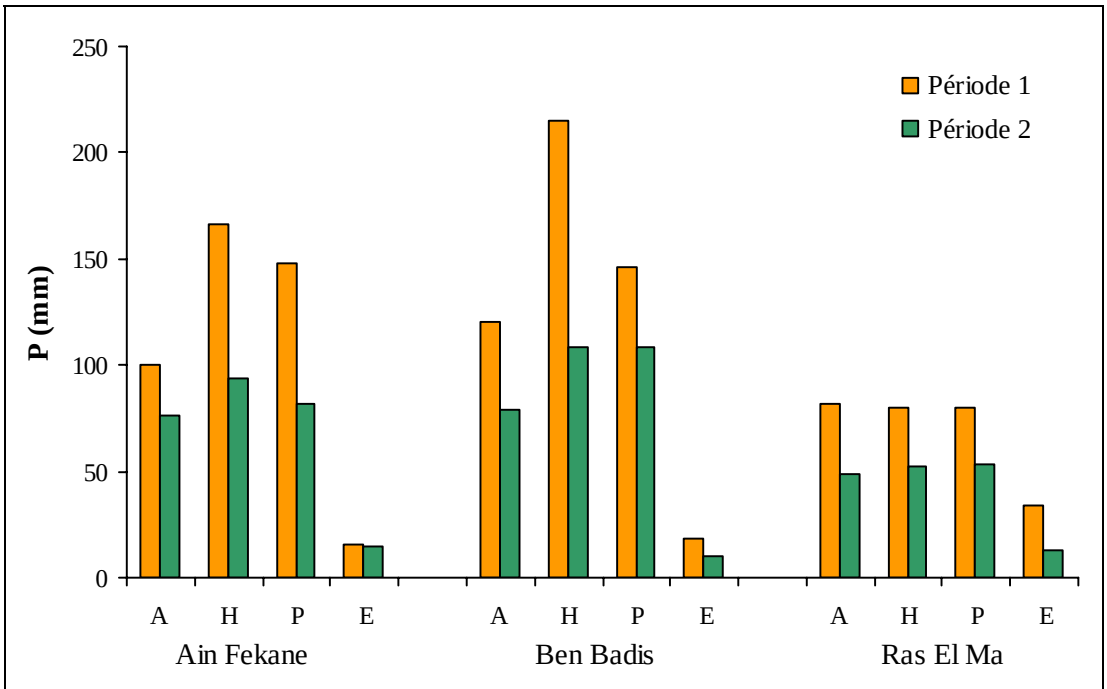


Figure 9 - Précipitations mensuelles à Ras El Ma de septembre 1930 à août 1973 et de septembre 1973 à août 2002.



Période 1 : de 1930 jusqu'à 1975 pour Ain Fekane, 1969 pour Ben Badis et 1973 pour Ras El Ma.
Période 2 : depuis 1975 pour Ain Fekane, 1969 pour Ben Badis et 1973 pour Ras El Ma.

Figure 10 - Précipitations saisonnières moyennes à Ain Fekane, Ben Badis et Ras El Ma de septembre 1930 à août 2002.

Si l'on examine les diminutions relatives des précipitations après la rupture de stationnarité de la fin des années 60 ou du début des années 70 (Fig. 10), il n'apparaît pas de hiérarchie entre les saisons qui pourrait être généralisée à l'ensemble du terrain d'étude : les pluies diminuent de 23 à 41 % en automne, de 35 à 50 % en hiver, de 25 à 45 % au printemps et de 7 à 61 % en été.

Pour les températures, nous n'avons pas pu nous procurer à ce jour une chronique de données sur une longue période d'observation. Nous disposons cependant des températures mesurées de 1984 à 2006 à Ghriss, dans le bassin versant de l'oued Feikane (voir Fig. 1). La température moyenne atteint 17,7 °C, avec des températures annuelles comprises entre 16,7 °C, en 1991, et 18,7 °C, en 2001 (écart-type : 0,61 °C).

Même si la chronique est courte, il semble que les températures moyennes annuelles relevées à la station de Ghriss s'accordent avec les observations faites par ailleurs sur l'augmentation des températures au cours des dernières décennies (Fig. 11).

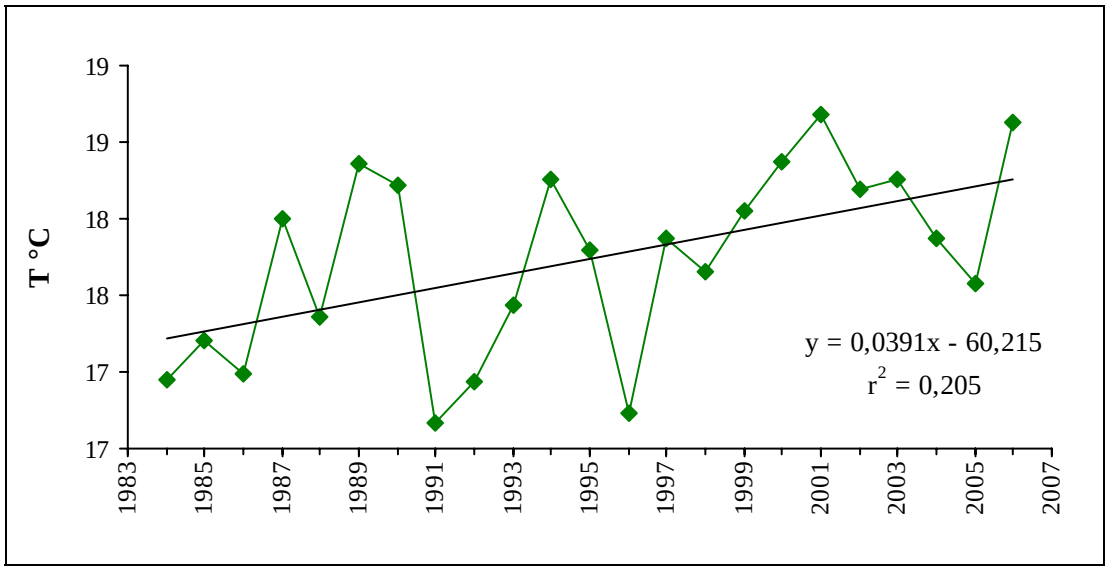


Figure 11 - Températures moyennes annuelles à la station de Ghriss sur la période 1984-2006 (années civiles).

À l'échelle mensuelle, on ne retrouve pas systématiquement cette augmentation des températures. Certains mois montrent même une légère diminution : février, septembre et novembre (Tab. I). Seuls les mois de mars, de juin et d'octobre ont un coefficient de détermination (r^2) supérieur à celui trouvé à l'échelle annuelle (Fig. 12).

Tableau I - Régressions entre les températures moyennes mensuelles et le temps (années) à la station de Ghriss de 1984 à 2006 (années civiles).

	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Pente	0,028	-0,038	0,128	0,058	0,131	0,152	0,055	0,010	-0,024	0,130	-0,009	0,010
r	0,152	-0,155	0,587	0,269	0,433	0,629	0,278	0,051	-0,106	0,472	-0,052	0,046
r^2	0,023	0,024	0,344	0,072	0,188	0,396	0,077	0,003	0,011	0,223	0,003	0,002

Pente : pente de la droite de régression. r : coefficient de corrélation linéaire. r^2 : coefficient de détermination.

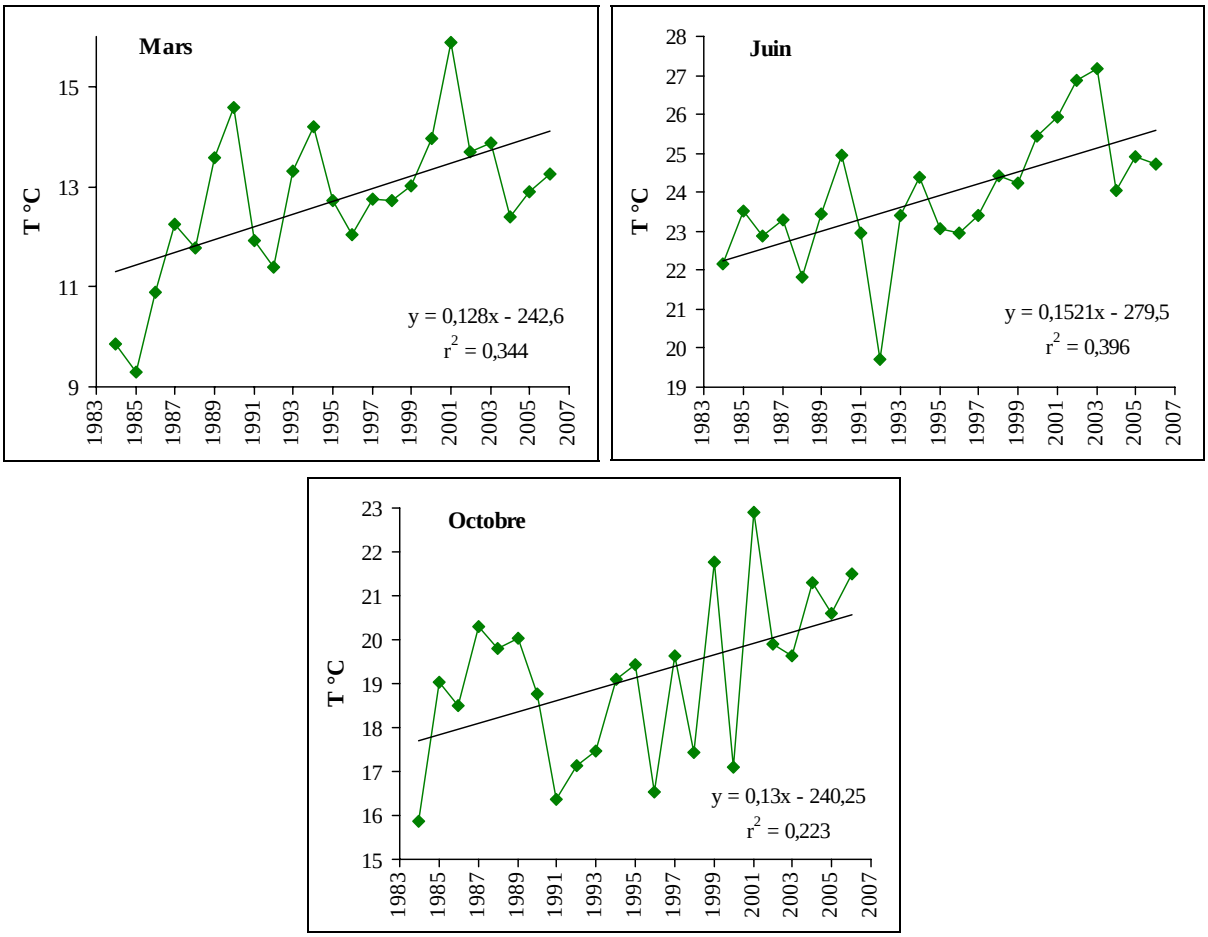


Figure 12 - Températures moyennes en mars, en juin et en octobre à la station de Ghriss sur la période 1984-2006 (années civiles).

IV - LES ÉCOULEMENTS

Les données hydrométriques proviennent de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques qui gère huit stations sur le bassin de la Macta. Cinq stations se trouvent sur le sous-bassin de l'oued El Hammam et trois sur celui de l'oued Mekerra (voir Fig. 1). Certaines sont gérées depuis les années 1940, alors que d'autres datent des années 70 (Tab. II). Pour calculer les précipitations sur les bassins versants, nous avons attribué à chaque poste pluviométrique, de manière intuitive, un coefficient supposé proportionnel à sa représentativité spatiale.

1) Critique des données hydrométriques

Si l'on excepte l'oued El Hammam à la station de Hacine, pour laquelle les données disponibles posent problème, la plupart des valeurs obtenues sur la période septembre 1974 - août 2002 semblent plutôt satisfaisantes. Les données s'accordent, en effet, avec la pluviométrie : par exemple, avec les précipitations relativement élevées qui tombent sur le bassin de l'oued Taria ou, au contraire, les pluies beaucoup plus faibles reçues par le bassin de l'oued Mekerra en amont d'Hacaiba.

Tableau II - Stations hydrométriques du bassin de la Mecta (avec quelques données hydrologiques sur la période 1974-75 - 2001-02).

Station	Cours d'eau	Mise en service	Alt. (m)	Sup. (km^2)	Qm (m^3/s)	Lm (mm)	CV	La max. (mm)	en	La min. (mm)	en
Hacaiba	Oued Mekerra	1961	950	955	0,16	5,3	0,81	17,5	1995	1,0	1993
Sidi Ali Ben Youb	Oued Mekerra	1949	635	1890	0,59	9,8	0,53	21,9	2001	2,2	1998
Sidi Bel Abbès	Oued Mekerra	1942	485	3000	0,82	8,6	0,49	24,8	1995	2,9	1998
Oued Taria	Oued Taria	1972	501	1365	0,93	21,5	0,77	85,9	1987	4,6	1992
Ain Fekane	Ain Fekane	1969	430	1160	0,23	6,3	0,73	14,4	1976	0,54	1998
Trois Rivières	Oued El Hammam	1947	315	7440	2,75	11,7	0,54	28,4	1986	2,6	1995
Bouhanifia	Oued El Hammam	1974	306	7685	1,82	7,5	0,52	17,2	1976	1,4	1993
Hacine	Oued El Hammam	1973	145	7950	0,19	0,8	0,81	2,2	1977	0,08	1993

Alt. : altitude de la station. Sup. : superficie du bassin versant contrôlé par la station. Qm : débit moyen. Lm : lame d'eau écoulée annuelle moyenne. CV : coefficient de variation sur les lames d'eau écoulées (= écart-type / Lm). La max. : lame d'eau écoulée annuelle maximale. La min. : lame d'eau écoulée annuelle minimale.

Sur l'oued El Hammam, si les écoulements aux stations de Trois Rivières et de Bouhanifia diffèrent assez sensiblement, c'est peut-être en partie à cause de la présence, entre les deux points d'observation, du barrage de Bouhanifia (achevé en 1945 ; retenue de 73 Hm^3), destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau des populations. Un autre barrage (Bergoug), se trouve entre la station de Bouhanifia et celle de Hacine (un premier ouvrage datant du XIXème siècle a été détruit lors d'une crue en décembre 1927 ; un nouveau barrage a été mis en eau en 1970 ; retenue de 17 Hm^3), mais il ne saurait expliquer les écoulements très faibles indiqués par la station aval.

La comparaison entre les écoulements annuels à différentes stations (Fig. 13 et 14) donne à s'interroger sur de possibles problèmes à la station d'Ain Fekane (écoulements faibles depuis 1984-85, sauf en 1993-94) et à celle d'Oued Taria (écoulements forts, surtout en 1987-88 et en 1988-89). Enfin, notons la valeur étonnamment faible des écoulements à Trois Rivières en 1995-96.

Avec des bassins versants d'assez grande taille, qui subissent des précipitations spatialement hétérogènes, nulle part très abondantes, mais parfois intenses, les relations entre les valeurs annuelles des écoulements et des précipitations ne permettent pas de mener plus loin la critique des données (Fig. 15).

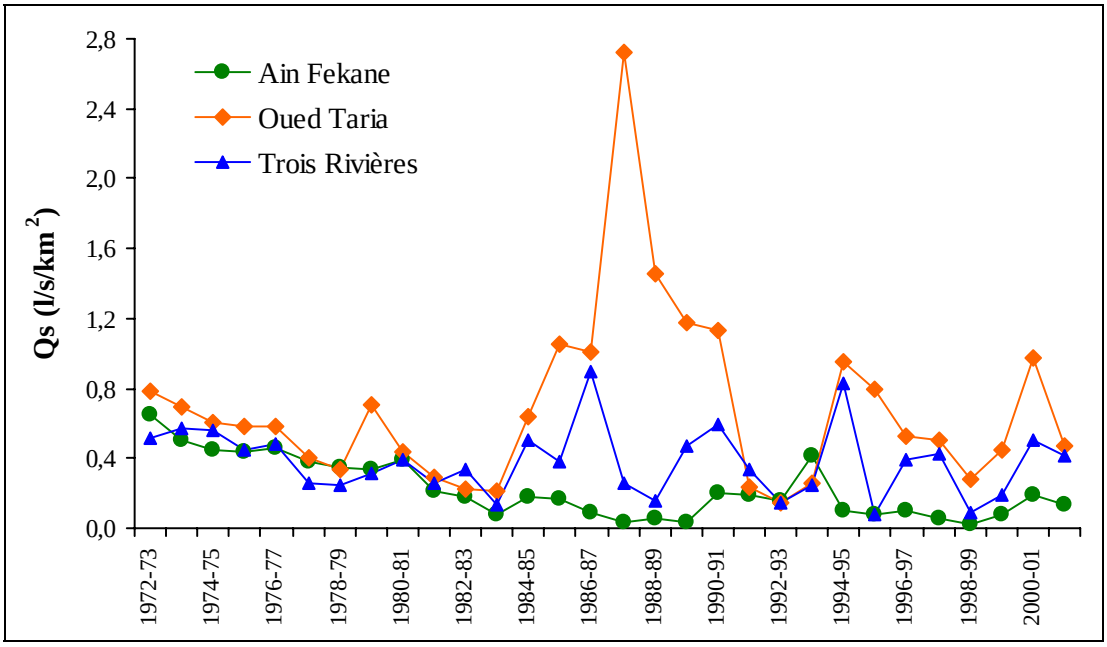


Figure 13 - Débits moyens spécifiques annuels aux stations de Ain Fekane, Oued Taria et Trois Rivières (bassin de l'oued El Hammam) de 1972-73 à 2001-02.

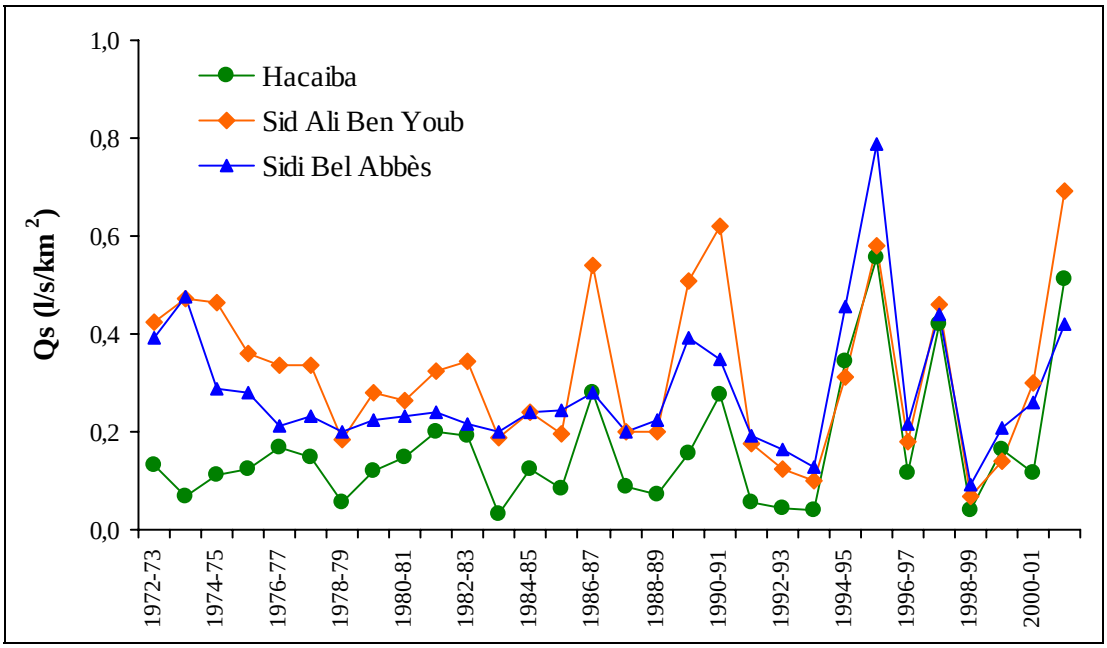


Figure 14 - Débits moyens spécifiques annuels aux stations de Hacaiba, Sidi Ali Ben Youb et Sidi Bel Abbès (bassin de l'oued Mekerra) de 1972-73 à 2001-02.

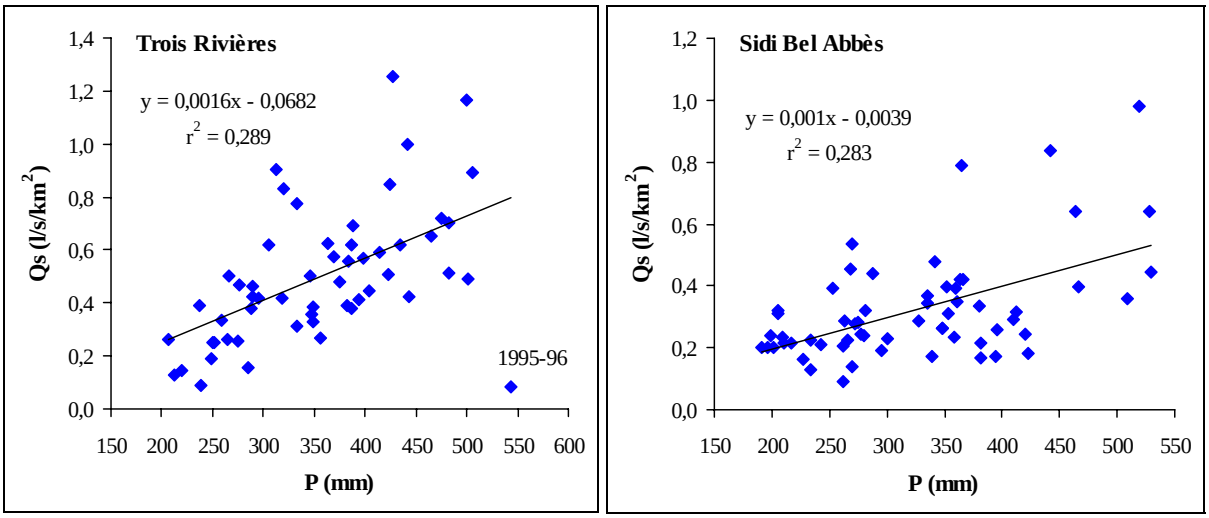


Figure 15 - Relation entre les précipitations sur le bassin versant et les débits spécifiques moyens annuels aux stations de Trois Rivières (oued El Hammam – 1947-48 - 2001-02) et de Sidi Bel Abbès (oued Mekerra – 1942-43 - 2001-02).

Dans la perspective qui est la nôtre, déterminer l'évolution des écoulements en fonction des conditions climatiques, il est encourageant de constater que les données hydrométriques des trois stations les plus anciennes ne posent pas de gros problème. En tout cas, elles ne manifestent pas trop de variations surprenantes d'une station à l'autre. Cela se traduit par des régressions de qualité moyenne entre les écoulements aux différentes stations (Fig. 16). L'année 1995-96 s'écarte beaucoup de la droite de régression entre les stations de Sidi Bel Abbès et de Trois Rivières. Il semble que ce soit la station de Trois Rivières qui soit en cause (Fig. 13). En ne tenant pas compte de cette année, le coefficient de détermination (r^2) de la régression entre les stations de Sidi Bel Abbès et de Trois Rivières atteint 0,531.

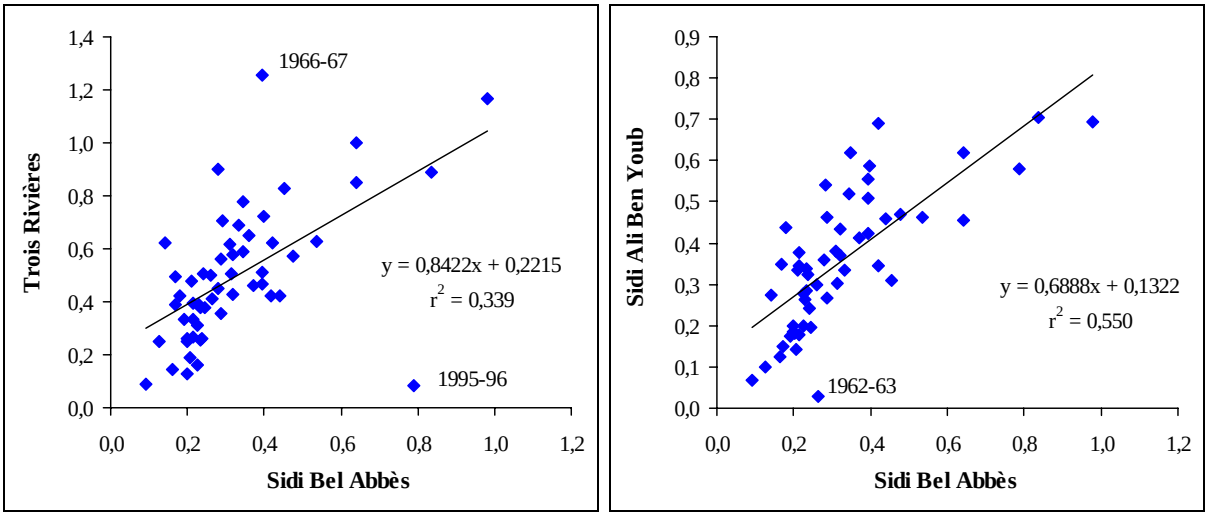


Figure 16 - Relations entre les débits spécifiques moyens annuels ($m^3/s/km^2$) à la station de Sidi Bel Abbès et aux stations de Trois Rivières (1947-48 - 2001-02) et de Sidi Ali Ben Youb (1949-50 - 2001-02).

Pour la suite du travail, nous utiliserons une valeur de l'écoulement annuel à la station de Trois Rivières en 1995-96 estimée à l'aide de l'équation de régression avec la station de Sidi-Bel-Abbès (établie sans les années 1966-67 et 1995-96).

Les années 1962-63 et 1966-67 se distinguent également. Pour la première, nous utiliserons une valeur corrigée de l'écoulement annuel à Sidi Ali Ben Youb. En revanche, pour 1966-67, nous ne disposons pas d'informations suffisantes pour trancher. En effet, si les difficultés de mesure conduisent généralement à des erreurs par défaut, c'est la valeur très forte à Trois Rivières qui paraît ici poser problème.

Dans un tout autre registre, nous devons signaler une autre source de complication possible, la présence sur le bassin versant de l'oued El Hammam, en amont de Trois Rivières, du barrage de Ouizert, sur l'oued Sahouet. Ce barrage a été achevé en 1988. Sa capacité est de 100 Hm^3. Du fait de sa taille, des pertes par évaporation qu'il génère (évaluées à 4 Hm^3/an en moyenne) et de la modestie de son alimentation au cours des dernières décennies (de l'ordre de 22 Hm^3/an en moyenne sur la période 1987-2002 – H. BENFETTA et B. REMINI, 2008), il est susceptible d'influencer le régime de l'oued Sahouet. Toutefois ce barrage n'a pas d'effet sensible sur les volumes d'eau écoulés annuellement par l'oued El Hammam à Trois Rivières.

2) Évolution des écoulements annuels

Les figures 17 à 19 montrent qu'au cours des 20 à 30 dernières années, les écoulements annuels ont été globalement plus faibles que sur la période précédente. Du fait de variations interannuelles très importantes, la rupture de la stationnarité des chroniques est cependant moins nette que pour les précipitations. Elle transparaît un peu plus clairement à travers les écarts relatifs par rapport aux écoulements annuels moyens, surtout lorsque les variations interannuelles sont lissées en considérant les moyennes mobiles sur trois ans (Fig. 20).

Dans les conditions qui sont celles du terrain d'étude, avec des précipitations annuelles faibles et une évapotranspiration élevée, les variations interannuelles des écoulements, toujours très peu abondants, sont fortement influencées par les épisodes pluviométriques les plus actifs, susceptibles de générer des ruissellements sur les versants. Ces événements peuvent être particulièrement violents en automne, en septembre et surtout en octobre.

La région de Sidi Bel Abbès est ainsi exposée à des inondations susceptibles de provoquer des dégâts matériels importants et parfois même des pertes en vies humaines (A. SADEUK BEN ABBES, 2005). Ce fut le cas en octobre 1986 (débit instantané maximal de 500 m^3/s, soit 167 l/s/km^2) et en septembre 1994 (débit instantané maximal de 530 m^3/s, soit 177 l/s/ km^2).

À Trois Rivières, l'oued El Hammam, du fait de la taille de son bassin versant, présente généralement des débits de crue plus forts que ceux de l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès. Les débits horaires y ont atteint 1400 m^3/s en octobre 1966 (188 l/s/km^2), 564 m^3/s en octobre 1986 (75,8 l/s/km^2), 892 m^3/s (120 l/s/km^2) en octobre 1990. Lors des épisodes d'octobre 1986 et d'octobre 1990, les débits maximaux à Sidi Bel Abbès ont été respectivement de 104 m^3/s (34,7 l/s/km^2) et 61,7 m^3/s (20,6 l/s/km^2).

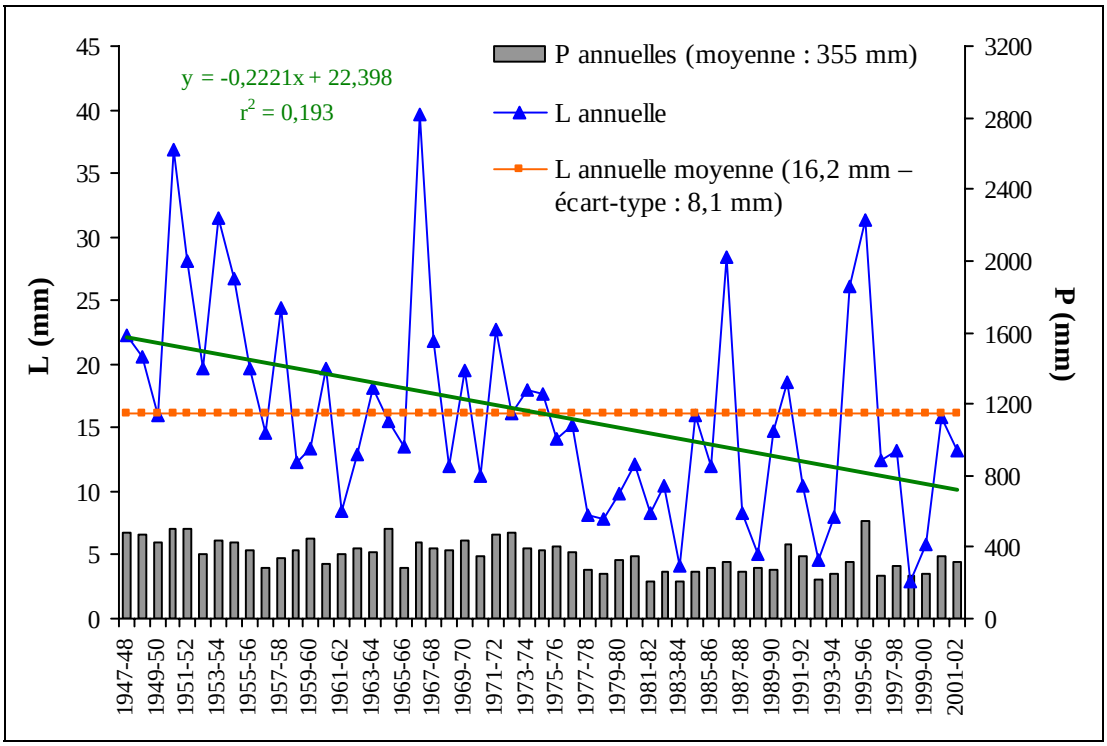


Figure 17 - Valeurs annuelles des lames d'eau écoulées à la station de Trois Rivières (oued El Hammam) et des précipitations sur le bassin versant de 1947-48 à 2001-02.

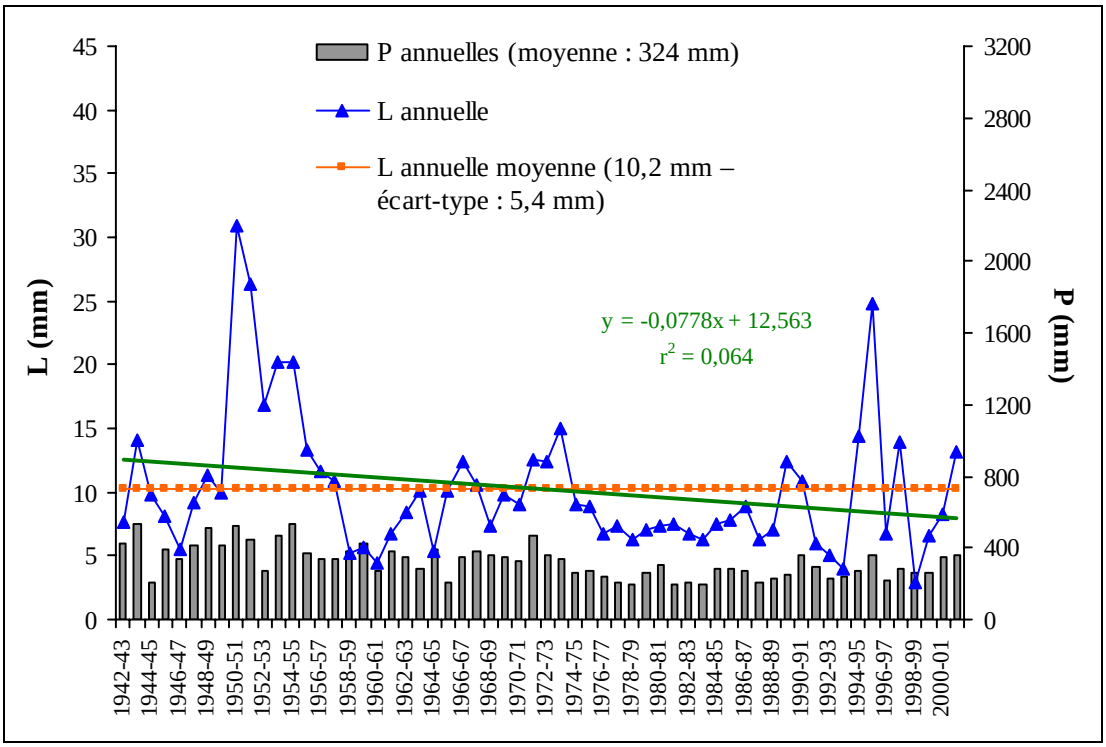


Figure 18 - Valeurs annuelles des lames d'eau écoulées à la station de Sidi Bel Abbès (oued Mekerra) et des précipitations sur le bassin versant de 1942-43 à 2001-02.

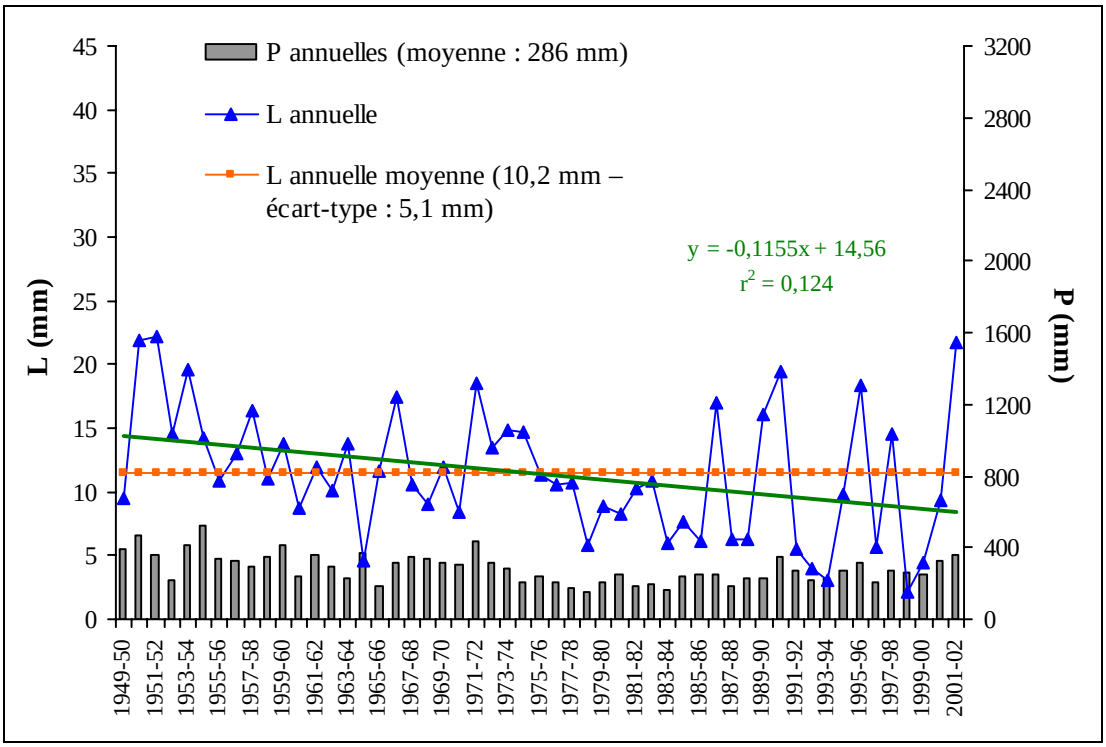


Figure 19 - Valeurs annuelles des lames d'eau écoulées à la station de Sidi Ali Ben Youb (oued Mekerra) et des précipitations sur le bassin versant de 1949-50 à 2001-02.

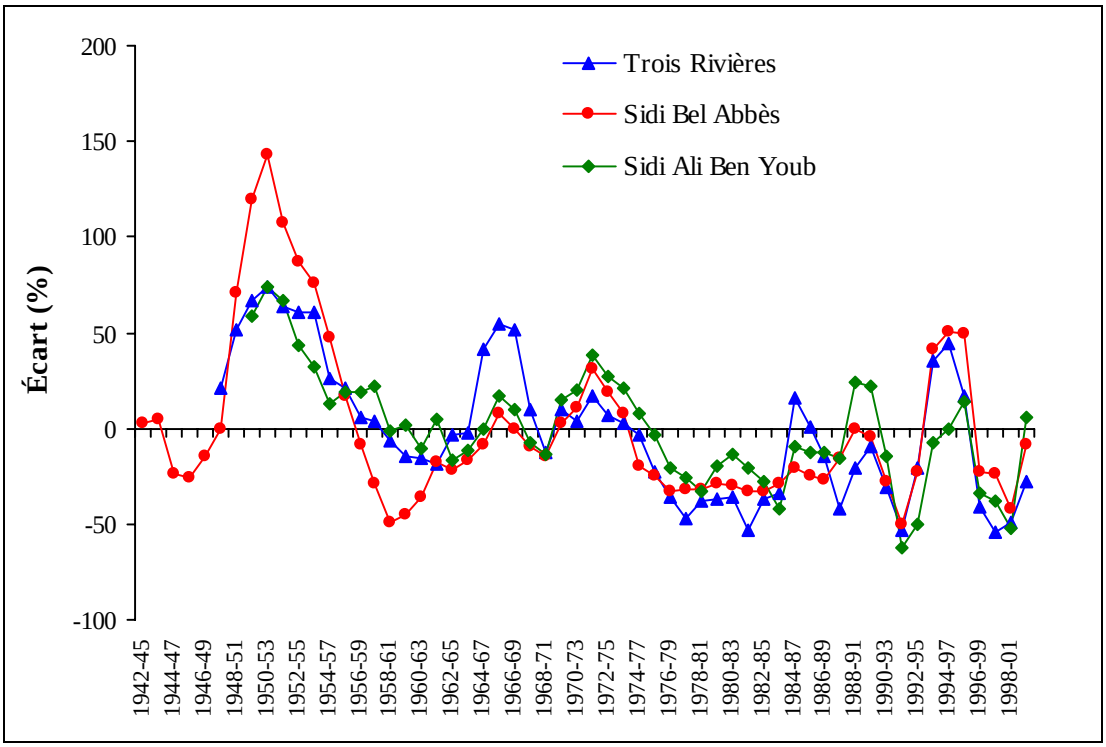


Figure 20 - Moyennes mobiles sur trois ans des écarts relatifs des écoulements par rapport aux valeurs moyennes pour les stations de Trois Rivières (oued El Hammam), de Sidi Bel Abbès (oued Mekerra) et de Sidi Ali Ben Youb (oued Mekerra).

Des crues violentes peuvent se produire à d'autres périodes de l'année. Ce fut notamment le cas en mai 1948. Les débits horaires maximaux ont alors atteint 728 m^3/s (97,9 $l/s/km^2$) à Trois Rivières et 70 m^3/s (23,3 $l/s/km^2$) à Sidi Bel Abbès. En avril 2007, l'oued Mekerra a encore provoqué des inondations dramatiques et la mort de plusieurs personnes. Pour cet épisode, le débit instantané de pointe de crue est évalué à 800 m^3/s (267 $l/s/km^2$).

2) Évaluation de la diminution des écoulements annuels

Le passage des écoulements annuels sous la valeur moyenne de la période septembre 1949 - août 2002 précède de deux ans un décrochage net (Fig. 17 à 19). Celui-ci se produit en 1977-78 à Trois Rivières, 1976-77 à Sidi Bel Abbès et 1978-79 à Sidi Ali Ben Youb (Fig. 17 à 19). Le tableau III présente les valeurs moyennes déterminées pour les trois stations sur les périodes 1949-76 et 1976-02.

Tableau III - Valeurs annuelles moyennes des précipitations et des écoulements aux stations de Trois Rivières (oued EL Hammam), de Sidi Bel Abbès et de Sidi Ali Ben Youb (oued Mekerra) sur les périodes 1949-76 et 1976-02.

	Trois Rivières			Sidi Bel Abbès			Sidi Ali Ben Youb		
	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)
P (mm)	401	297	0,74	364	263	0,72	330	240	0,79
L (mm)	19,4	12,4	0,64	12,0	8,6	0,71	13,3	9,6	0,72
C (%)	4,8	4,2	0,86	3,3	3,3	0,99	3,6	3,6	0,99

P : précipitations annuelles moyennes sur le bassin versant. L : lame d'eau écoulée annuelle moyenne. C : coefficient d'écoulement.

Par rapport à 1949-76, les écoulements enregistrés sur la période 1976-02 ont subi une diminution relative de 36 % à Trois Rivières, 29 % à Sidi Bel Abbès et 28 % à Sidi Ali Ben Youb. Ces taux sont légèrement supérieurs à ceux trouvés pour les précipitations : 26, 28 et 27 % respectivement. L'évolution des conditions climatiques – la diminution des précipitations, bien sûr, mais peut-être aussi l'accroissement des températures – a donc eu un effet sensible sur l'hydrologie.

L'évolution des précipitations et des écoulements apparaît également de façon très nette à travers l'examen des cumuls des valeurs annuelles en fonction du temps (Fig. 21). Pour l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès, les écoulements relativement abondants observés de 1950-51 à 1954-55 (voir Fig. 18) influencent fortement les valeurs moyennes jusqu'en août 1976. Sans ces cinq années, la diminution entre les périodes 1949-76 et 1976-02 serait de 9,9 % seulement.

Pour l'oued El Hammam à Trois Rivières et pour l'oued Mekerra à Sidi Ali Ben Youb, les écoulements sur la période 1950-55 ont une influence moins nette. Sans ces cinq années, l'écart entre les lames d'eau écoulées annuelles moyennes sur les périodes 1949-76 et 1976-02 serait de 28 % dans le premier cas et de 21 % dans le second.

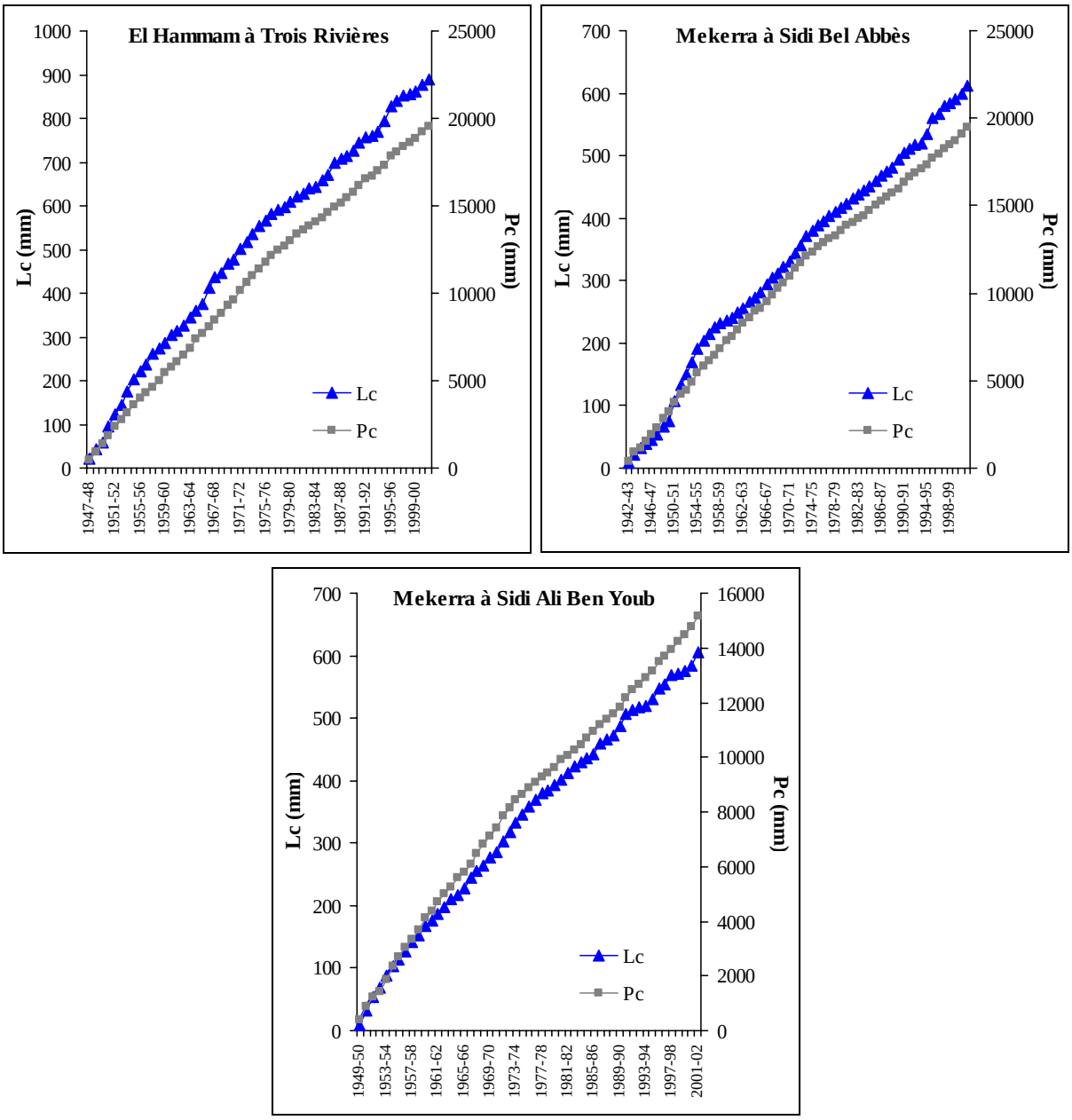


Figure 21 - Précipitations et lames d'eau écoulées cumulées aux stations de Trois Rivières (oued EL Hammam), de Sidi Bel Abbès et de Sidi Ali Ben Youb (oued Mekerra) sur la période septembre 1949 - août 2002.

Les valeurs médianes des précipitations et des écoulements annuels (Tab. IV) permettent de s'affranchir des années ayant présenté des conditions extrêmes, qu'elles aient été très humides ou aux écoulements abondants, ou au contraire très sèches ou aux écoulements déficients. Les valeurs médianes diffèrent des valeurs moyennes, mais la diminution des précipitations et des écoulements entre les deux périodes références transparaît de toute façon clairement. Les rapports entre les données sur les deux périodes (1976-02 / 1949-76) vont de 0,71 à 0,73 pour les médianes des précipitations, contre 0,72 à 0,79 pour les moyennes, et de 0,66 à 0,71 pour les médiane des écoulements, contre 0,64 à 0,72 pour les moyennes.

La station de Sidi Bel Abbès permet de remonter un peu plus loin dans le temps. Mais les conclusions restent identiques, les moyennes comme les médianes des précipitations et des

écoulements annuels étant proches sur les périodes 1942-76 et 1949-76 :

- Pour les moyennes : précipitations de 372 mm et lame d'eau écoulée de 11,4 mm dans le premier cas ; 364 mm et 12,0 mm dans le second.
- Pour les médianes : précipitations de 363 mm et lame d'eau écoulée de 10,0 mm dans le premier cas ; 358 et 10,1 mm dans le second.

Tableau IV - Valeurs médianes des précipitations et des écoulements annuels aux stations de Trois Rivières (oued El Hammam), de Sidi Bel Abbès et de Sidi Ali Ben Youb (oued Mekerra) sur les périodes 1949-76 et 1976-02.

	Trois Rivières			Sidi Bel Abbès			Sidi Ali Ben Youb		
	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)	(1) 1949-76	(2) 1976-02	(2) / (1)
P (mm)	394	281	0,71	358	262	0,73	329	236	0,72
L (mm)	18,0	11,2	0,71	10,1	7,2	0,71	13,0	8,5	0,66
C (%)	4,6	4,0	0,87	2,8	2,7	0,97	3,6	3,6	0,92

P : médiane des précipitations annuelles sur le bassin versant. L : médiane des lames d'eau écoulées annuelles. C : coefficient d'écoulement.

3) Les écoulements mensuels

À partir de 1976-77, les écoulements mensuels moyens de l'oued El Hammam à Trois Rivières et de l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès manifestent une diminution sensible pour presque tous les mois (Fig. 22 et 23).

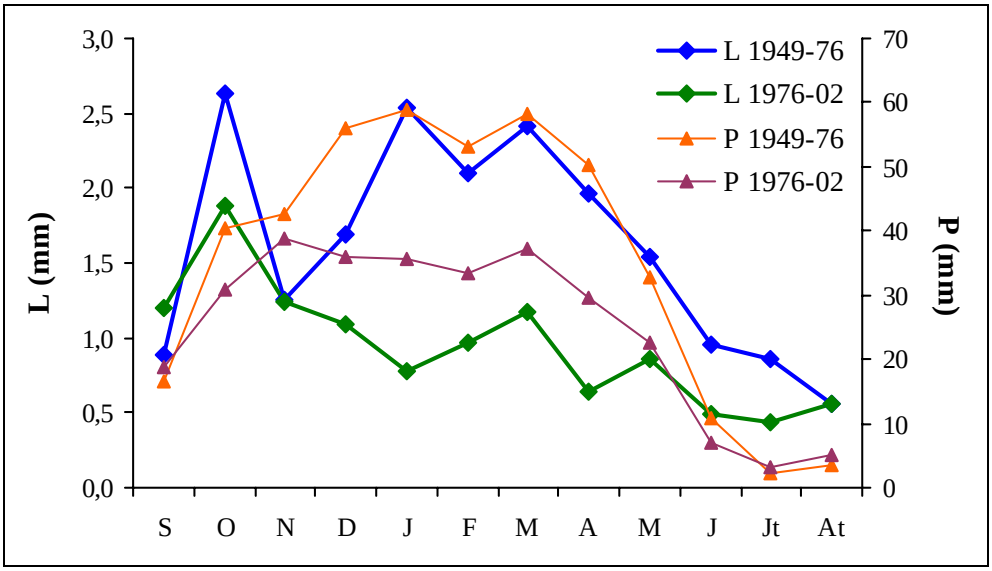


Figure 22 - Bassin de l'oued El Hammam à Trois Rivières : lames d'eau écoulées et précipitations mensuelles moyennes sur les périodes septembre 1949 - août 1976 et septembre 1976 - août 2002.

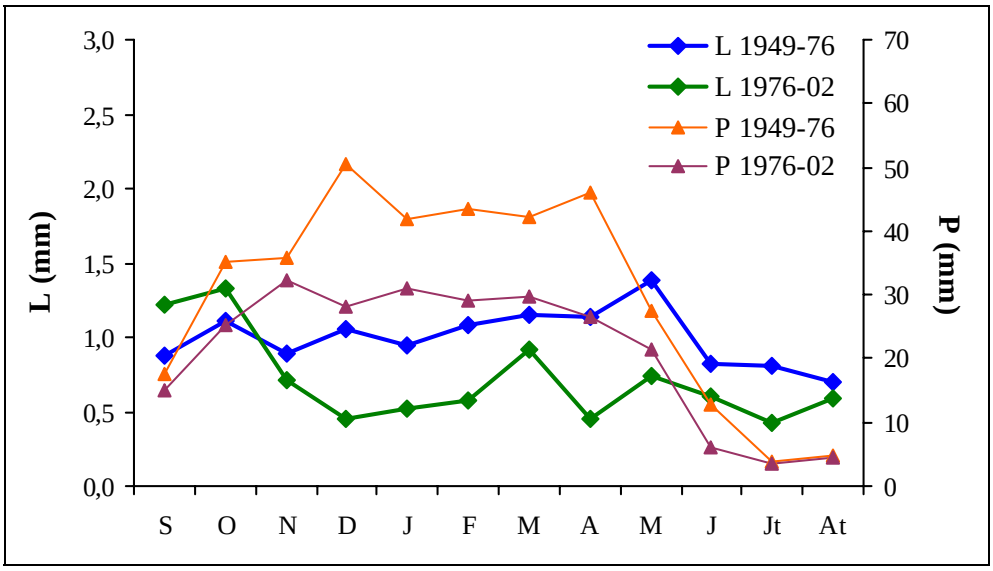


Figure 23 - Bassin de l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès : lames d'eau écoulées et précipitations mensuelles moyennes sur les périodes septembre 1949 - août 1976 et septembre 1976 - août 2002.

Pour l'oued El Hammam, trois mois ne sont pas concernés par cette diminution. Il s'agit de septembre (valeur en augmentation), novembre et août (valeurs stables). Il est bien sûr impossible d'interpréter certaines variations sans entrer dans le détail des données année par année. Mais nous soulignerons la déficience relative des écoulements mensuels moyens des mois de juin et juillet sur la période 1976-02, alors même que les précipitations moyennes sur ces mois sont identiques à celles de la période 1949-76. Cela résulte d'un soutien des débits de basses eaux moins efficace, du fait de la diminution des précipitations sur les mois précédents. Cet effet ne joue plus en août et pas davantage en septembre.

En ce qui concerne l'oued Mekerra, dont le bassin versant est moins arrosé que celui de l'oued El Hammam, la diminution des précipitations moyennes se manifeste d'octobre à juin. Elle est sans effet sur les débits en août, en septembre et en novembre.

Pour les mois habituellement les moins pluvieux, la période 1949-76 fournit des valeurs moyennes plus fortes que la période 1976-02 pour juillet et au moins égales pour août (Tab. V). Cependant les débits mensuels de l'oued El Hammam à Trois Rivières ont plus souvent atteint ou approché 0 l/s dans le premier cas (6 mois avec un débit nul ; 3 mois avec un débit de 1 l/s) que dans le second (minimum de 4,6 l/s en 1979-80). La même différence se retrouve sur l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès (1 l/s en juillet et en août 1962, 18,1 l/s en juillet 1963… alors que le débit n'est pas descendu en dessous de 130 l/s de 1976 à 2002). De plus, si le débit mensuel moyen d'août à Trois Rivières est plus faible sur la période 1976-88 que sur la période 1988-02 (0,74 m^3/s contre 2,34 m^3/s), il en est de même à Sidi Bel Abbès (0,53 m^3/s contre 0,79 m^3/s).

En ajoutant à cela les différences entre les débits moyens de juillet et août sur la période 1988-02 (1,08 et 2,34 m^3/s respectivement à Trois Rivières ; 0,35 et 0,79 m^3/s à Sidi Bel Abbès), notons qu'il est impossible de trouver dans les données l'indice d'une influence du barrage d'Ouizert sur les débits d'étiage de l'oued El Hammam.

Tableau V - Débits mensuels moyens de l'oued El Hammam à Trois Rivières et de l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès de septembre 1949 à août 1976 et de septembre 1976 à août 2002.

		El Hammam à Trois Rivières		Mekerra à Sidi Bel Abbès	
		Juillet	Août	Juillet	Août
1949-76	Qm (m^3/s)	2,37	1,55	0,48	0,66
	Écart-type	1,68	1,01	0,23	0,77
1976-02	Qm (m^3/s)	1,23	1,54	0,61	0,53
	Écart-type	2,20	1,65	0,35	0,79

Qm : débit mensuel moyen.

À l'échelle saisonnière, le régime des cours d'eau s'est modifié. Alors qu'il était du type H-P-A-E sur la période 1949-76, il est devenu A-H-P-E pour l'oued El Hammam et A-P-E-H pour l'oued Mekerra (Fig. 24).

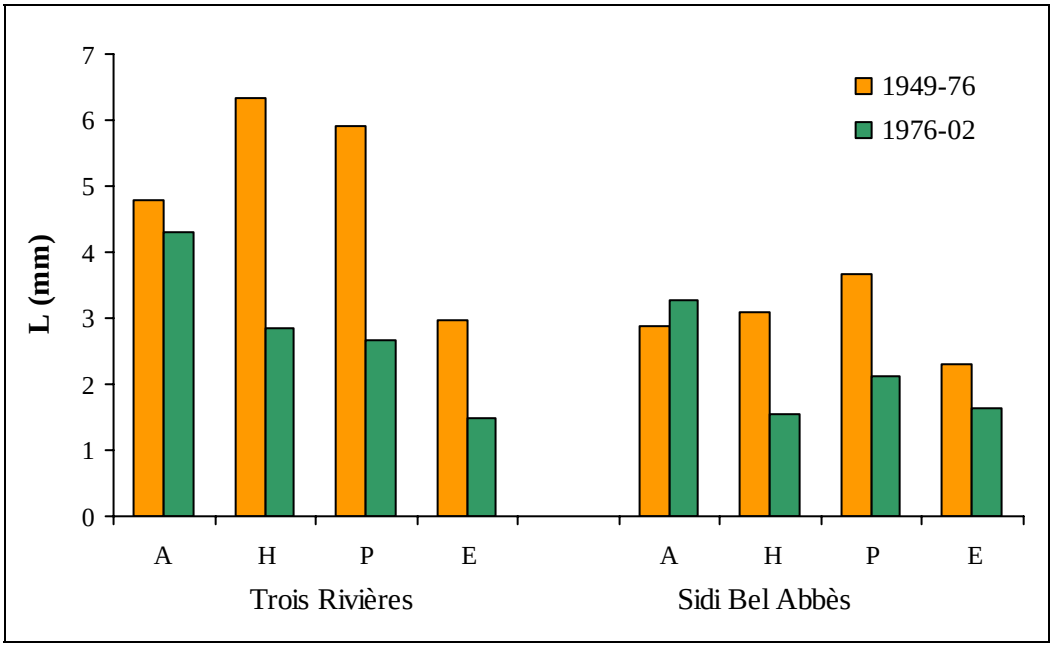


Figure 24 - Lames d'eau écoulées saisonnières moyennes de l'oued El Hammam à Trois Rivières et de l'oued Mekerra à Sidi Bel Abbès de septembre 1949 à août 2002.

V. CONCLUSION

Depuis les années 1970, le Maghreb connaît une longue période de sécheresse. Le bassin de la Macta n'échappe pas à ces conditions difficiles qui réduisent les ressources en eau mobilisables pour une population sans cesse croissante et qui pèsent lourdement sur l'activité agricole. Sur la période 1930-2002, les précipitations annuelles ont enregistré une baisse de l'ordre de 40 % en moyenne après la rupture de la stationnarité des chroniques pluvio-métriques. La sécheresse se poursuit actuellement, puisqu'à Sidi Bel Abbès, par exemple, les

précipitations annuelles moyennes ont été de 259 mm seulement de septembre 2002 à août 2007, contre 292 mm de septembre 1980 à août 2002.

L'accroissement des températures qui caractérise le changement climatique global participe lui aussi, même si c'est à un moindre degré, à la réduction des écoulements.

Sur la période septembre 1976 - août 2002, les lames d'eau écoulées annuelles des bassins versants de l'oued El Hammam à Trois Rivières et de l'oued Mekerra à Sidi Ali Ben Youb et à Sidi Bel Abbès ont diminué de 28 à 36 % en moyenne par rapport à la période 1949-76. Dans le même temps, les précipitations ont diminué de 26 à 28 %. Entre 1949-76 et 1976-02, les débits annuels moyens sont passés de 4,58 à 2,93 m^3/s à Trois Rivières, de 0,27 à 0,19 m^3/s à Sidi Ali Ben Youb et de 1,14 à 0,81 m^3/s à Sidi Bel Abbès.

La diminution des précipitations touche presque tous les mois de septembre à juin. Elle a bien sûr des répercussions sur les lames d'eau écoulées mensuelles. On notera cependant que les écoulements de la fin de l'été et de l'automne sont peu ou pas diminués, ce qui peut résulter de la violence de certains épisodes de crue.

***Remerciements* :** Nous sommes reconnaissants à la Direction de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique de l'Ouest qui nous a communiqué les données pluviométriques et hydrologiques, ainsi qu'à Monsieur Habib AZZAZ pour les photographies qu'il nous a permis d'utiliser.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BEKKOUSSA B., MEDDI M. et JOURDE H. (2008) - Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride : le cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien). *Sécheresse*, vol. 19, n° 3, p. 173-184.

BENFETTA H. et REMINI B. (2008) - La problématique du stockage des eaux de surface dans les régions arides. Cas du barrage de Ouizert (Algérie). *European Journal of Scientific Research*, vol. 23, n° 3, p. 380-391.

BOROCCO J. (1950) - *Étude géologique des régions de Mascara, Bouhanifia, Ain Fekan*. Édit. S. NREPAL, Alger, 25 p.

EL MAHI A. (2002) - *Déficit pluviométrique des dernières décennies en Algérie du Nord et son impact sur les ressources en eau*. Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Mascara, 120 p.

EL MAHI A., MEDDI M., MATARI A. et KETROUCI K. (2004) - État de la pluviométrie en période de sécheresse en Algérie du nord et sa relation avec le phénomène ENSO. *Actes du colloque "Terre et Eau"* (Annaba, 2004), p. 420-423.

HAIDA S., AIT FORA A., PROBST J.L. et SNOUSSI M. (1999) - Hydrologie et fluctuations hydroclimatiques dans le bassin versant du Sebaou entre 1940 et 1994. *Sécheresse*, vol. 10, n° 3, p. 221-226.

HIRCHE A., BOUGHANI A. et SALAMANI M. (2007) - Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. *Sécheresse*, vol. 18, n° 4, p. 314-320.

KETROUCI K., MEDDI M., MATARI A. et EL MAHI A. (2004) - La sècheresse dans le Nord Ouest algérien sur les deux dernières décennies. *Actes du colloque "Terre et Eau"* (Annaba, 2004), p. 440-443.

KINGUMBI A. (2006) - *Modélisation hydrologique d'un bassin affecté par des changements d'occupation. Cas du Merguellil en Tunisie Centrale*. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, 300 p.

LABORDE J.P. (1993) - *Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500000*. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, projet PNUD/ALG/88/021, une carte avec notice explicative, 44 p.

LAFTOUHI N. et PERSOONS E. (2007) - Influence des variations climatiques sur le régime hydrologique du bassin versant du Qsob (Essaouira Maroc). *Technical Document in Hydrology*, vol. 80, Édit. UNESCO et HydroSciences-Montpellier, p. 85-98.

LAHACHE R.G. et PILLET G. (2008) - Projection des ressources en eau de la Tunisie sous les effets des changements climatiques globaux. *XIIIth World Water Congress* (Montpellier, 2008), 12 p. http://wwc2008.msem.univ-montp2.fr/resource/authors/abs70_article.pdf

MEDDI H. (2001) - *Quantification des précipitations : application au Nord Ouest algérien – méthodologie Pluvia*. Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Mascara, 160 p.

MEDDI M. et HUBERT P. (2003) - Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. *In* : *Hydrology of the mediterranean and semiarid regions*, IAHS publication, n°278, p. 229-235.

MEDDI M. et HUMBERT J. (2000) - Étude des potentialités de l'écoulement fluvial dans le Nord de l'Algérie en vue d'une réalimentation des aquifères. *In* : *Eaux sauvages, eaux domestiquées*, Hommage à L. DAVY, Publications de l'Université de Provence, p. 177-190.

MEDDI H. et MEDDI M. (2007) - Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Geographia Technica*, n° 2, p. 49-55.

PERRODON A. (1957) - Étude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Service de la carte géologique de l'Algérie*, Bulletin n° 12, p. 62-82.

SADEUK BEN ABBES A. (2005) - *Prévision des crues dans le bassin versant de l'oued Mekerra*. Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 106 p.

TALIA A. (2003) - *Évolution des régimes pluviométrique et hydrologique du Nord de l'Algérie*. Mémoire de Magister, Université de Mascara, 2003, 160 p.

TALIA A. et MEDDI M. (2004) - La pluvio-variabilité dans le Nord de l'Algérie. *Actes du colloque "Terre et Eau"* (Annaba, 2004), p. 477-480.

Article soumis le 8 novembre 2008.
Accepté après révision le 2 juin 2009.
Mis en ligne le 6 juin 2009.