

Mng/ 591.5 - 29/02.
THESE

Présentée

à l'UNIVERSITE DE TLEMCEM

Institut de Biologie

Pour obtenir

LE DIPLOME DE MAGISTERE

en ECOLOGIE ANIMALE

Option : Hydrobiologie

Par

Haciba Baya YADI



NATURE ET EVOLUTION DE LA MATIERE MINERALE ET ORGANIQUE
DANS LE BASSIN DE LA TAFNA (N. W. ALGERIEN)

Soutenue le 28 Novembre 1991 devant la Commission d'examen

Mr.	N. LETREUCH	Président
Mr.	E. ANGELIER	} Examineurs
Mr.	LAVANDIER	
M ^{me}	M. CHERBI	
Mr.	J. GAGNEUR	Promoteur

AVANT PROPOS

J'exprime ma profonde gratitude à :

M^r N. LETREUCH, Maître de Conférence à l'Institut de Foresterie (Université de Tlemcen), pour avoir accepté de présider ce jury.

M^r J. GAGNEUR, Maître de Conférence à l'Université Paul Sabatier (Toulouse), pour m'avoir proposé ce thème de recherche et guidée avec patience.

M^r le Professeur E. ANGELIER, Président du Laboratoire d'Hydrobiologie à l'Université Paul Sabatier, pour m'avoir accueillie dans son laboratoire et permis d'effectuer ma recherche bibliographique ainsi que le traitement statistique.

M^{me} M. CHERBI, chargée de cours à l'USTHB (Alger) et M^r LAVANDIER, Maître de Conférence à l'Université Paul Sabatier, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

M^r J. LAUGA, pour le temps qu'il a consacré au traitement statistique des données.

M^r BOUGUERRA de l'ANRH (Bir-Mourad-Rais), pour m'avoir procurée des données importantes pour la réalisation de ce travail.

Je remercie enfin, tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1. LE BASSIN VERSANT DE LA TAFNA.	3
1. Présentation	4
2. Géologie	11
2.1. Le bassin amont	12
2.2. Le bassin aval	12
3. Hydrologie et pluviométrie	12
4. Les actions humaines et leurs influences	18
4.1. Les ouvrages hydrauliques	18
4.2. Les influences humaines	18
CHAPITRE 2. LES STATIONS ETUDIEES	20
1. L'oued Tafna	21
2. Bassin de l'Isser	28
2.1. Oued Isser	29
2.2. Oued Bou-Hadi	31
2.3. Oued Chouly	32
2.4. Oued Sikkak	34
3. L'oued Khémis	36
4. Le bassin du Mouillah	38
4.1. L'oued Mouillah ₁	39
4.2. Les oueds ouerdeffou et El-Abbès	40
5. L'oued Ed-Diab	42
CHAPITRE 3. METHODES	44
1. Echantillonnage	45
2. Physico-chimie de l'eau	46
2.1. La température	31
2.2. Le pH	31

2.3. La conductivité	46
2.5. La turbidité	47
2.4. Les autres dosages	
3. Les matières en suspension : MES	47
CHAPITRE 4. RESULTATS	51
1. physico-chimie	52
1.1. La conductivité	54
1.2. Salinité	55
1.3. Turbidité	58
1.4. Autres paramètres	60
2. Les matières en suspension et dissoutes	60
2.1. Origine de la matière minérale	62
2.2. Nature et origine de la matière organique	62
2.3. Evolution de la charge totale	63
2.3.1. L'oued Tafna	65
2.3.2. Le bassin de l'Isser	67
2.3.2.1. Oued Isser	67
2.3.2.2. Oued Bou-Hadi	68
2.3.2.3. Oued Chouly	68
2.3.2.4. Oued Sikkak	69
2.3.3. L'oued Khémis	69
2.3.4. bassin du Mouillah	70
2.3.4.1. L'oued Mouillah	70
2.3.4.2. Les oueds Ouerdeffou et El-Abbès.	71
2.3.5. L'oued Ed-Diab	72
2.3.6. Conclusion	72
2.4. Etude des différentes fractions	72
2.4.1. Généralités	74
2.4.2. L'oued Tafna	74
2.4.3. Le Bassin de l'Isser	79
2.4.3.1. Oued Isser	79
2.4.3.2. Oued Chouly	82
2.4.3.3. Oued Sikkak	84
2.4.3.4. Oued Bou-Hadi	85
2.4.4. L'oued Khémis	86
2.4.5. Le bassin du Mouillah	88

2.4.5.1. L'oued Mouillah	88
2.4.5.2. Les oueds ouerdeffou El-Abbès.	92
2.4.6. L'oued Ed-Diab	92
2.4.7. Conclusion	93
CHAPITRE 5. ANALYSES STATISTIQUES	95
1. La recherche des corrélations linéaires	96
1.1. Identification de la fraction MTF	96
1.2. Relation turbidité-fraction grossière	98
2. Analyse factorielle des correspondances	98
2.1. Interprétation des graphiques	99
3. Analyse en composantes principales	101
4. Classification hiérarchique	106
4.1. Commentaires	106
4.2. Comparaison	110
4.3. Conclusion	112
CHAPITRE 6. DISCUSSION	113
CONCLUSION GENERALE _	120
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	126

NATURE ET EVOLUTION DES MATIERES MINERALES ET ORGANIQUES
DANS LES OUEDS DU BASSIN DE LA TAFNA
(Région de TLEMCCEN, ALGERIE).

Par *YADI Baya* INSTITUT DE BIOLOGIE, UNIVERSITE DE TLEMCCEN,
BP 358, DZA-1300 TLEMCCEN (ALGERIE).

Titre abrégé : MATIERES MINERALES ET ORGANIQUES DES OUEDS
ALGERIENS.

RESUME :

Une étude de la nature et de la composition globale des matières dissoutes et en suspension dans les oueds de l'Ouest algérien a été menée en 1988-1989 à partir de prélèvements effectués dans 26 stations à trois périodes du cycle hydrologique (hautes eaux, moyennes eaux et étiage).

L'analyse des données a montré que l'augmentation de la turbidité pendant les crues était due essentiellement aux teneurs en matières minérales grossières et que l'accroissement de la conductivité à l'étiage était due à une forte concentration en NaCl (jusqu'à 11g/l). L'analyse a aussi permis de séparer le réseau hydrographique en deux zones soumises à des conditions différentes. La zone amont, stable, peu influencée par les variations de débit et qui correspond au rhithral. La zone aval, soumise à l'alternance crue-étiage, aux eaux très chargées en matières minérales au moment de fort débit et, au contraire, riches en matières dissoutes, organiques et minérales pendant l'étiage, correspond à un épipotamal atypique. La limite entre les deux zones se situe vers 300m d'altitude. Les causes et les conséquences de la turbidité sont discutées.

MOTS CLES : matières en suspension, sels, oued, Algérie, typologie.

INTRODUCTION

Introduction

Jusqu'à présent l'étude des matières en suspension dans les cours d'eau d'Afrique du Nord a toujours été menée dans le but de chiffrer la vitesse d'érosion des sols (BENCHETRIT, 1954; TIXERONT, 1960; BEDIOT, 1966). Les stations de jaugeage servant à ces études sont dispersées sur tout le territoire algérien, avec au maximum trois ou quatre stations par cours d'eau.

Elles ne donnent qu'une image simplifiée des phénomènes de transport.

Des recherches hydrobiologiques sur les oueds du bassin versant de la Tafna nous ont amenés à nous intéresser aux concentrations en matières solides et dissoutes dans l'eau afin d'élucider les problèmes de distribution spatiale des organismes benthiques.

De nombreux auteurs ont abordé ce type d'études. Par exemple les travaux de MASSIO et DECAMPS (1976) sur le Lot (France), EISMA et al (1982) sur le Rhin, O'HOPE et WALLACE (1983) sur une rivière des montagnes Appalaches (USA), ont montré l'importance des matières en suspension dans le fonctionnement d'un écosystème d'eau courante.

Nous avons réalisé entre 1988 et 1989 des mesures de teneurs en matières minérales et organiques transportées par la Tafna et ses affluents.

Notre but est d'aboutir à une délimitation de zones, pour les cours d'eau nord-africains, en accord avec les conditions hydrologiques particulières qui caractérisent ces cours d'eau; à savoir, une alternance de crues rapides et violentes et d'étiages sévères et prolongés, allant jusqu'à l'assèchement des cours superficiels.

CHAPITRE 1

LE BASSIN VERSANT DE LA TAFNA

1. Présentation

Le bassin versant de la Tafna, situé au Nord-ouest du territoire algérien, s'étend sur la totalité de la Wilaya de Tlemcen et déborde sur le royaume du Maroc (fig. 1).

Le principal cours d'eau, la Tafna, long de 170 km draine un bassin versant de 7245 km². Il prend sa source dans les Monts de Tlemcen à une altitude de 1100 m au niveau de la grotte de Ghar Boumaza.

La Haute Tafna draine les versants sud des Monts de Tlemcen et les hautes vallées. Cette eau est retenue par le barrage de Beni-Bahdel pour être acheminée vers la ville d'Oran par une canalisation.

Après le barrage, la Tafna franchit les Monts de Tlemcen en y taillant des gorges abruptes.

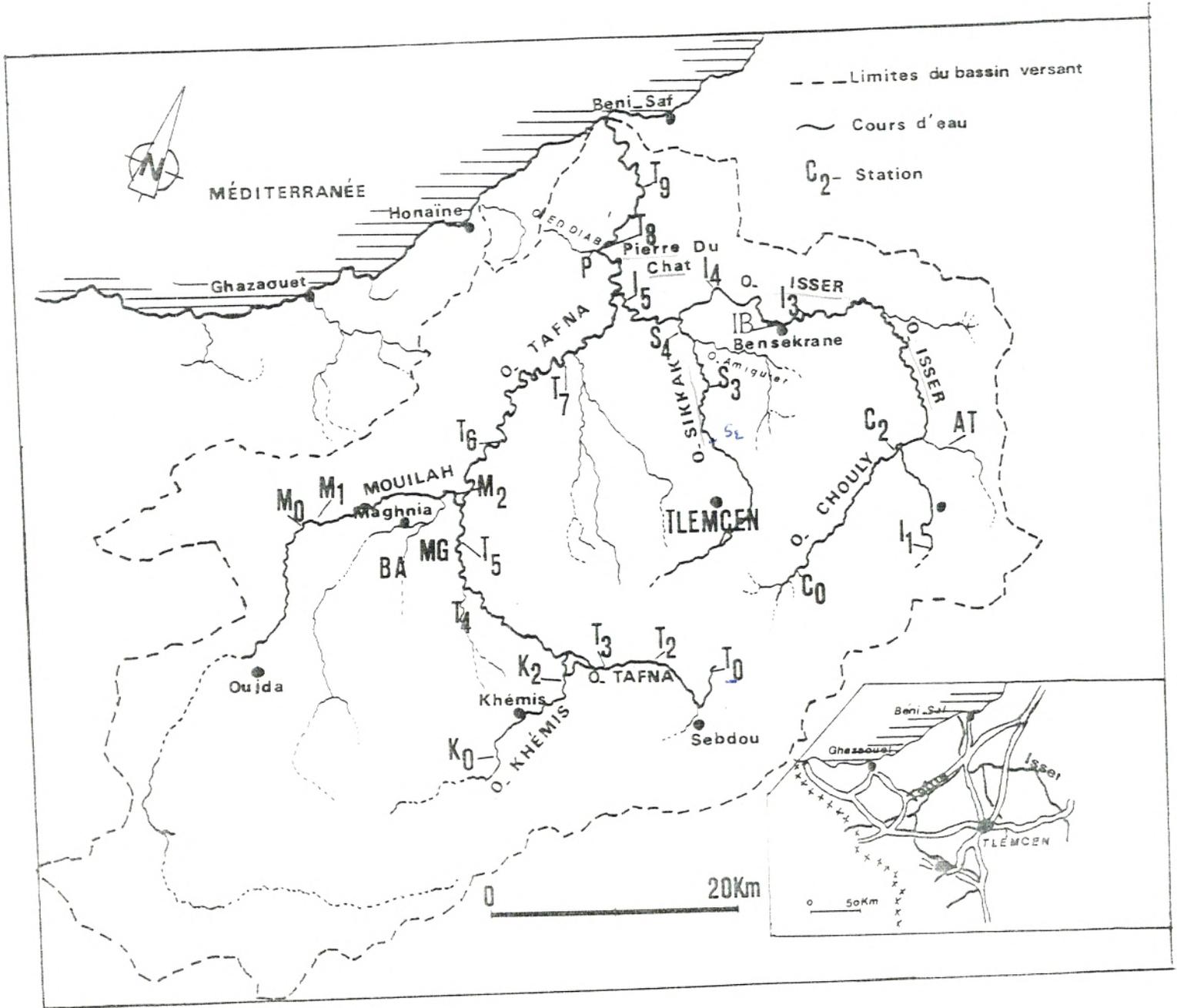
Le versant sud des Monts de Tlemcen se caractérise par des formations végétales regroupant en majorité des forêts claisemées de chênes (Quercus ilex, et Quercus suber), de genévriers (Juniperus) ainsi que des garrigues (fig. 2).

Le long de la Haute Tafna, nous trouvons quelques cultures maraîchères.

Les stations de la Haute Tafna sont au nombre de quatre : T₀, T₂, T₃, T₄ (fig. 1).

Les eaux sont généralement claires, les fonds recouverts de galets hétérométriques et les stations souvent bien ombragées avec une végétation riveraine dense englobant une flore arborescente, arbustive et herbacée.

Fig.1 : Réseau hydrographique du BV de la Tafna avec localisation des stations.



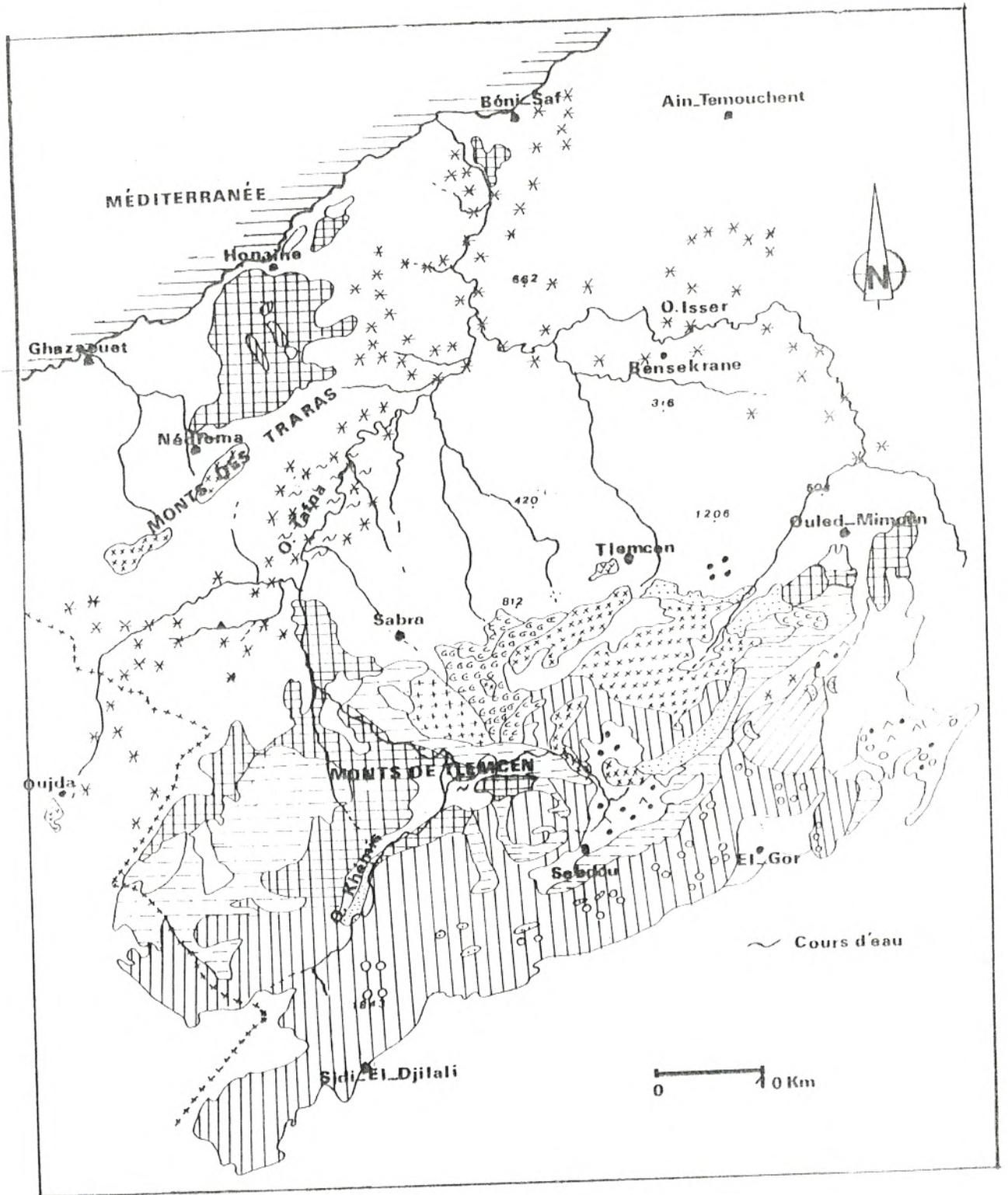


Fig.2 : Carte de la végétation du BV de la Tafna (d'après Alcaraz, 1977)

Fig.2 : Carte de la végétation du B.V de la Tafna
(d'après Alcaraz, 1977)

■ Série chêne vert



Forêt claire, Matorral élevé troué



Matorrals moyens à bas, trousés clairs

■ Série de chêne liège



Forêts denses et claires



Matorrals

■ Série Pin d'Alep



Pin d'Alep, relictuel



Matorral



Matorral arboré à Pin d'Alep aux sous bois chêne vert

■ Série Thuya



Matorrals élevés Moyens



Forêt claire

■ Série Genévrier du Phénicie et oxycèdre



Forêt et Matorral



Association Jujubier et Pistachier de l'Atlas



Jujubier relictuel



Pistachier relictuel



Genévrier oxycèdre et chêne vert, relictuels



Forêt à Pin d'Alep avec sous-bois à chêne vert et Thuyas.

Une fois les gorges franchies, la Tafna débouche dans la plaine de Maghnia. A ce niveau l'oued est principalement alimenté par l'oued Mouilah et les oueds du versant Nord des Monts de Tlemcen. Il traverse ensuite les plaines de Remchi où il reçoit son principal affluent, l'Oued Isser et termine son parcours par un estuaire au niveau de la plage de Rachgoun.

En plaine dominant les cultures maraichères et céréalières.

Plusieurs affluents et sous-affluents forment un réseau hydrographique discontinu dans le temps et l'espace. Certains sont permanents et ne s'assèchent jamais en amont. Ils sont représentés par les oueds Khémis, Mouilah, Isser, Sikkak et Chouly. D'autres sont temporaires car ne sont pas alimentés par des sources et dépendent donc des précipitations.

Toutefois ces cours d'eau ont des apports considérables quand ils sont en crue.

Les principaux affluents de la Tafna étudiés dans ce travail sont :

■ Rive droite :

L'Oued Isser avec une superficie du sous bassin de 1860 km², est le plus important.

Sa confluence avec l'oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 80 m d'altitude.

Son débit liquide moyen annuel est de 3.67 m³/s. Les oueds Sikkak et Chouly sont les deux affluents importants de l'oued Isser.

L'oued Sikkak draine un sous bassin de 442 km² et celui du Chouly de 178 km².

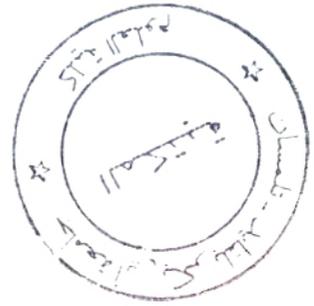


Fig.3 : Carte géologique du NW algérien
(d'après Cornet et al., 1952)

Légendes

	Primaire
	Jurassique
	Oligocène marin
	Pliocène continental (Poudingues, calcaires lacustres)
	crétacé
	Miocène
	Quaternaire continental
	Alluvions actuelles
	Basaltes

Un troisième cours d'eau, l'oued Bou-Hadi, sous affluent de l'oued Isser, mais temporaire, draine un sous-bassin de 131 km².

■ Rive gauche :

L'Oued Khémis, avec un sous bassin de 340 km², draine une vallée des Monts de Tlemcen et rejoint la Tafna au niveau du barrage de Beni-Bahdel.

L'oued Mouilah présente une superficie du sous-bassin de 1680 km². La plus grande surface de son bassin versant est située en territoire marocain; mais là, c'est un cours d'eau temporaire portant le nom d'oued Isly.

La confluence de l'oued Mouilah avec la Tafna se situe à 150m d'altitude dans les plaines de Maghnia. Son débit moyen annuel est de 2.05 m³/s.

Cet oued a un sous affluent rive droite, l'oued Ouerdeffou.

Les apports des autres affluents de la Tafna ne sont conséquents qu'en période fortement pluvieuse.

2. Géologie :

Le bassin versant de la Tafna se divise en deux zones (fig.3)

■ le bassin amont : représenté par les Monts de Tlemcen versants Nord et Sud.

• le bassin aval : orienté vers le Nord, il comprend la zone de piémont et les plaines d'Hennaya, Remchi et de l'Isser.

2.1. Le bassin amont :

Les Monts de Tlemcen font partie de l'Atlas Tellien. Ce sont des formations du Jurassique supérieur constituées de dolomies riches en carbonates magnésiens. Les calcaires Jurassiques très épais sont intensément karstifiés, fracturés et fissurés (TALEB, 1981). Ces formations recèlent les plus grands aquifères de la région (COLLIGNON, 1986).

La plupart des sources de la Wilaya de Tlemcen sont issues de ces Monts.

2.2. Le bassin aval :

Les formations tertiaires du Miocène succèdent à celles du Jurassique et dominent la Moyenne et Basse Tafna, avec dans les fonds des vallées, des dépôts d'alluvions récentes du quaternaire composées de sédiments fins.

3. Hydrologie et pluviométrie :

Les Monts de Tlemcen représentent une chaîne montagneuse, de 800 à 1400 m d'altitude, qui domine au Nord, les plaines de Maghnia et d'Hennaya, les plateaux de Zenata et celui de Sidi-Abdelli.

La région la plus arrosée est celle de Monts avec une moyenne annuelle qui varie de 766 mm sur le barrage de Meffrouch à 482 mm sur le sous-bassin du Chouly. Le tableau 1 des précipitations montre une grande variabilité interannuelle. Celle-ci est plus forte dans les plaines et sur la côte. Ces relevés nous ont été fournis par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H).

Station	Béni-Bandel	Khemis	Sidi Medjahed	Hammam Boughrara	Chouly	Milia Henaya	Magnhia Frontière	Pierre du chat	Sensekrane	
Années										
70-71	541,3	-	-	337,3	526	-	-	-	562,7	70-71
71-72	601,3	-	317,7	374,7	619,4	-	-	490,6	522,8	71-72
72-73	675,9	544,0	480,1	464,8	662,0	-	-	594,6	544,2	72-73
73-74	827,8	638,0	587,0	475,7	589,5	-	528,4	338,5	415,8	73-74
74-75	649,3	615	498,7	496,9	626,8	602,2	395,9	379,5	451,6	74-75
75-76	457,2	446,2	390,3	370,0	610,7	558,4	350,2	415,1	397,7	75-76
76-77	447,5	409,2	327,8	307,4	455,8	458,4	336,7	415,1	460,7	76-77
77-78	431,9	381,7	201,1	209,3	394,6	379,8	230,2	305,8	335,8	77-78
78-79	179,9	304,8	230,8	-	452,3	380,6	434,8	-	408,6	78-79
79-80	516,2	375,9	-	351,7	514,2	472,9	419,8	404,9	-	79-80
80-81	556,9	515,1	268,5	309,0	434,3	59,2	164,7	494,2	502,7	80-81
81-82	213,6	242,7	226,9	-	-	-	144,9	135,4	207,7	81-82
82-83	210,5	221,5	133	74,1	281,3	-	247,7	162,2	235,8	82-83
83-84	300,7	295,7	248,2	170,3	335,7	-	-	244,0	447,6	83-84
84-85	-	-	-	-	-	-	252,9	-	-	84-85
85-86	464,2	434	254	206,7	469,4	411,2		335,4	-	85-86
86-87	424,9	488	310	289,3	502,0	433,2	369,5	-	477,6	86-87
87-88	-	234,3	237,9	167,3	218,4	226,4	179,3	-	237,4	87-88

Tableau 1 . Moyennes annuelles des précipitations. (mm)
(Données A.N.R.H).

La répartition saisonnière des pluies fait ressortir une saison humide d'Octobre à Mai, suivie d'une longue saison sèche de Juin à Septembre, caractérisant le régime méditerranéen. Dans les dix dernières années, la sécheresse s'est traduite par l'allongement de la période sèche allant de Avril à Novembre-Décembre.

Seuls les oueds alimentés par des sources ont un écoulement perenne.

Une majorité des cours d'eau sont temporaires et voient leur débit diminuer et parfois s'annuler en saison sèche. Ceci est encore accentué par l'action anthropique (pompages, dérivations).

Les moyennes des débits liquides recueillies par l'A.N.R.H* sur différentes stations du bassin versant de la Tafna sont reportées dans le tableau 2. Il en ressort que les débits les plus importants ont un régime maximal durant les mois de Mars et Avril. 25 à 30 % des précipitations tombent en Deux à quatre jours dans l'année provoquant des crues violentes suivies d'une durée de l'épisode des hautes eaux, courte (COLLIGNON, 1986).

Les mois de Juillet et Août présentent les débits les plus faibles.

Les stations hydrométriques de l'A.N.R.H, représentées dans la figure 1, sont les suivantes :

- sur l'Oued Tafna:

Sebdou (Sb) : 34°38'44" L.N; 1°19'52" L.W.

Hammam Boughrara (HB) : 34°55'28" L.N; 1°38'20" L.W.

Station ^s Hydrométriques	mois												Moyenne annuelle
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	
Sebdou	0.56	0.14	0.19	0.49	0.73	0.82	1.35	0.81	1.35	0.21	0.11	0.07	0.45
Hamman Boughrara	1.38	2.83	2.05	3.27	-	-	-	-	2.65	-	-	-	2.65
Pierre du chat	2.45	3.55	4.78	13.35	9.75	10.93	14.6	13.42	10.44	3.62	1.82	1.56	7.51
Bensekrane	0.66	0.96	1.27	2.10	2.80	2.95	0.05	4.09	3.34	1.79	0.75	0.53	2.33
Remchi	0.73	1.77	2.03	4.87	6.50	5.27	8.24	7.69	3.93	1.57	0.81	0.49	3.67
Ain-Youcef	0.35	0.39	0.57	0.84	0.84	1.25	1.96	1.31	0.82	0.30	0.28	0.11	0.74
Sidi-Belkheir (Mouilah)	1.27	2.93	1.63	3.73	1.92	2.25	2.46	2.96	1.50	1.20	1.06	1.02	2.05
P ^t Chouly (Chouly)	0.13	0.20	0.25	0.38	0.70	0.70	1.13	0.77	0.74	0.27	0.16	0.10	0.47

Tableau 2 . . Moyennes mensuelles et annuelles des débits liquides
des oueds principaux du B.V. de la Tafna.
(Données A.N.R.H).

(Période d'un minimum de 20 ans, la dernière année = 1988)

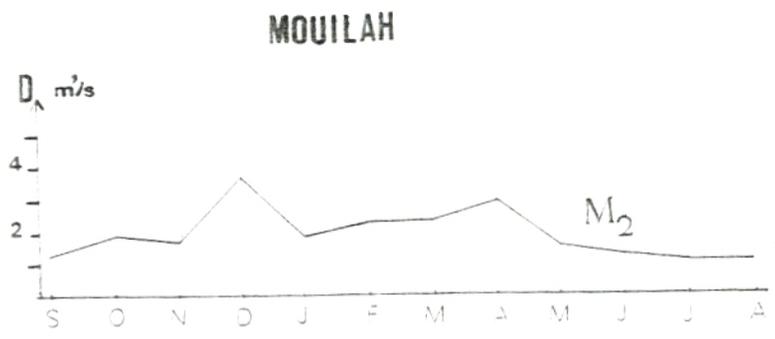
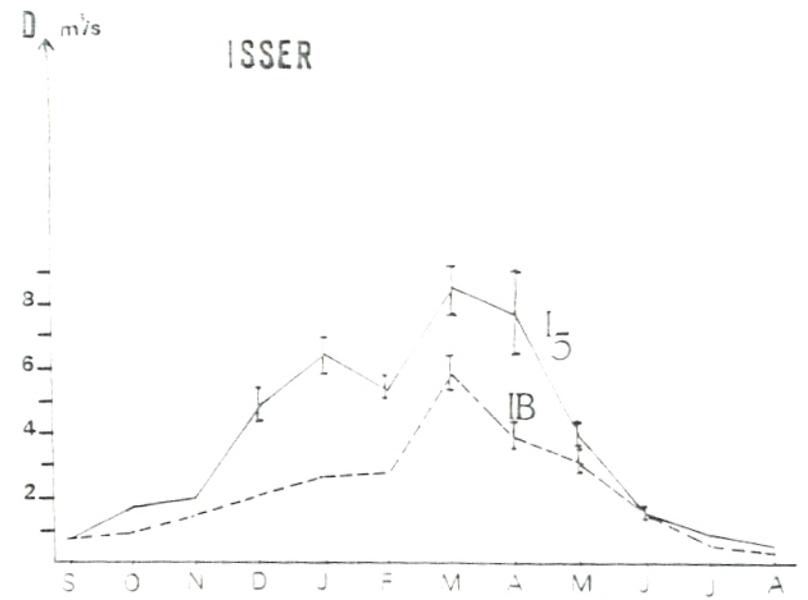
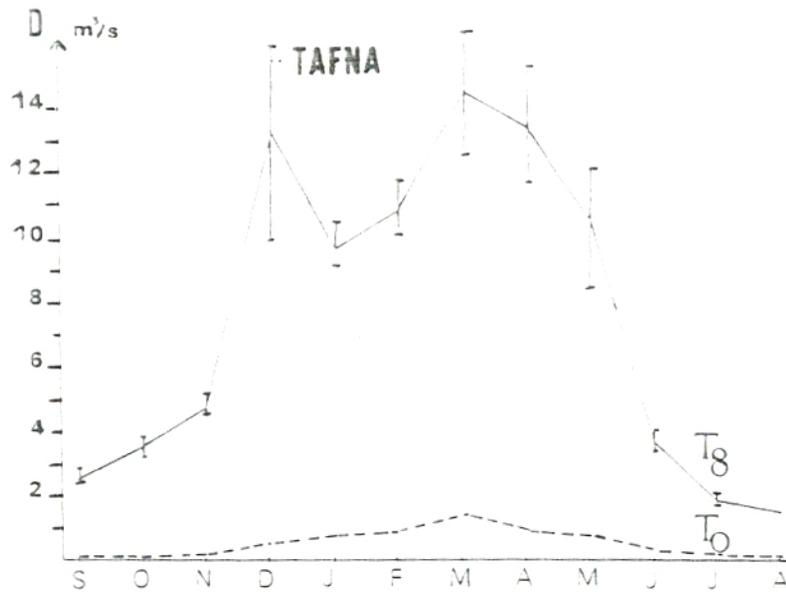


Fig.4 : Graphes des débits mensuels des principaux cours d'eau du BV de la Tafna.

Pierre du chat (T_g) : 38°08'30" L; 1°26'34" L.

■ sur l'Oued Isser:

Bensekrane IB : 34°04'50" L; 1°13'26" L.

Remchi I₅ : 35°06'11" L; 1°26'34" L.

■ sur l'Oued Mouilah:

Sidi-Belkheir M₂ : 34°54'38" L; 1°48'53" L.

■ sur l'Oued Chouly:

Pont du Chouly CP : 34°51'51" L; 1°08'01" L.

■ sur l'Oued Sikkak:

Aïn-Youcef S₄ : 35°08'20" L; 1°24'40" L.

Nous n'avons pas de données de débit liquide concernant l'Oued Khémis.

Les débits annuels, exprimés en m³/s, (Tableau 2) montrent que l'Oued Tafna est le plus important avec une moyenne annuelle de 7.5m³/s suivi de l'Oued Isser avec 3.67m³/s. Des profils mensuels ont été tracés pour bien montrer le régime annuel des différents oueds du bassin versant de la Tafna (Fig. 4).

Nous pouvons donc conclure que le régime général des différents cours d'eau du bassin versant de la Tafna résulte de l'alimentation pluviale.

Le but de cette étude est l'évaluation des teneurs et de la nature des matières en suspensions et dissoutes dans les oueds du bassin versant de la Tafna. Il ne nous a pas été possible de nous procurer les données de transports solides auprès de l'ANRH, pour la période d'étude. Toutefois, nous avons pu recueillir quelques valeurs, présentées dans le tableau 3, montrant l'importance des crues, leurs durées et la quantité de matériel charrié.

Stations		Taina (T ₃)	Isser (I ₅)	Sikkak (S ₄)	Mouilah (M ₀)	
Années	Dates	D.S	Dates	D.S	Dates	D.S
1981-1982	Pas de crue		08-06-82	2,95	Pas de crue	-
1982-1983	01-11-82	26,06	10 au 15-11-82	3,5	Pas de crue	-
	13-11-82	35,74				
	15-11-82	37,12				
	16-11-82	31,48				
1983-1984	Pas de crue		Pas de crue		Pas de crue	-
1984-1985	10-11-84	47,70	10 au 13-11-84	32,93	10/12-12-84	2,95
	11 au 14-11-84	34,4				
1985-1986	19-11-85	7,52	09-02-86	20,94	17-11-85	27,37
	12-12-85	27,5	11-05-86	5,72	09-12-85	51,66
	09-02-86	20,8			09-02-86	12,84
	08-03-86	21,48				
	11-05-86	9,74				
1986-1987	04-10-86	45,4	12-02-87	9,36	25-09-86	25,6
	17-11-86	51,3			29-09-86	30,02
	18-11-86	34,8			04-10-86	29,58
	12-02-87	26,5			18-11-86	15,22
					12-02-87	19,3
1987-1988	04-10-87	37,09	-	-	05-10-87	82,67
	07-04-88	44,57			01-01-87	10,24
	06-04-88	24,16			08-06-88	23,86
1988-1989	23-11-88	86,5	20-03-89	35,76	22-11-88	82,75
	19-03-89	54,85	21-03-89	15,98	19-03-89	15,5
	20-03-89	25,92	27-04-89	20,5	20-03-89	20,74
	27-04-89	8,8			27-04-89	25,46
					30-05-89	13,2

Tableau 1 : Pointes de crues (de l'année 1981 à 1982). Données ANRH.
(D.S : Débit Solide exprimé en g/l).

4. Les actions humaines et leurs influences :

4.1. Les ouvrages hydrauliques :

Le barrage de Beni-Bahdel, construit en 1941, a une contenance initiale d'environ 61 millions de m^3 (ARRUS, 1985). En plus de la distribution en eau potable, il était à vocation hydro-électrique délaissée d'ailleurs depuis plusieurs années. Ce réservoir recueille les eaux de l'oued Khémis et de la Haute Tafna sur le versant Sud des Monts de Tlemcen.

Vu la faiblesse des précipitations ces dernières années et la grande sécheresse qui a sévi de 1980 à 1986, il n'y a plus eu de lâchers d'eau au niveau de ce barrage, censé régulariser le débit de l'oued Tafna en aval.

Il continue cependant de jouer un rôle de piège à sédiments.

Un deuxième réservoir de grande contenance (environ 120 millions de m^3) est en voie d'achèvement. Il retient les eaux de l'oued Isser dans la région de Sidi-Abdelli.

D'autres travaux, en voie de réalisation sur l'oued Tafna, de déviation vers la ville d'Oran des eaux de l'oued (en aval de la station Tg) afin d'assurer l'alimentation en eau potable, pourraient sérieusement perturber le régime de celui-ci.

4.2. Les influences humaines :

Beaucoup de facteurs ont contribué à la destabilisation de nos écosystèmes limniques.

Les observations de GAGNEUR (1987) sur le bassin versant de la Tafna révèlent des perturbations profondes causées par les atteintes dues à l'homme.

La forte démographie, la révolution agro-industrielle, l'urbanisation, les difficultés d'un contrôle et des techniques culturales peut-être mal comprises, sont autant de facteurs destabilisateurs des milieux naturels (GAGNEUR, 1987).

Les usines de traitement de maïs (région de Maghnia) et les conserveries (Tlemcen, Saf-Saf, village agricole Emir-Abdel-Kader) ont contribué, et contribuent encore, par leurs rejets fréquents, à l'augmentation de la pollution organique des eaux déjà polluées par les rejets domestiques.

Les industries électroniques (Tlemcen), les détergeants et les colorants (Sebdou) ont aussi pollué les eaux par les acides et les métaux lourds.

Les gravières, de plus en plus nombreuses le long des cours d'eau, destabilisent le lit en modifiant sa morphologie (CLAVEL et al, 1977; GAGNEUR, 1987) et peuvent avoir des effets néfastes sur la faune.

Les nombreux pompages et les dérivations tout au long des oueds réduisent considérablement les débits, accélérant ainsi leur assèchement en aval.

Les pompes sont vidangées dans les cours d'eau rejetant ainsi des hydrocarbures néfastes pour le biotope.

CHAPITRE 2

LES STATIONS ETUDIEES

Elles sont réparties sur l'ensemble du réseau hydrographique de la Tafna (Fig. 1).

Elles ont été choisies selon les critères suivants :

- distribution spatiale : de l'amont vers l'aval,
- influences des apports des affluents,
- influences des réalisations humaines (barrages, gravières, urbanisation, industries).

1. L'oued Tafna :

Les stations sont au nombre de 9.

■ Station T₀ : Ghar Boumaza , aval source.

Latitude : 32°42'00" N.

Longitude : 1°18'30" W.

Altitude : 1090 m.

'Orientation : N — S.

Substrat : caillouteux avec dépôts hétérométriques.

Le débit est en général faible sauf en période de crue où la rivière souterraine et le cours superficiel sont en continuité. L'eau est claire et le fond de galets souvent nus. La végétation riveraine est nulle.

Pendant la saison d'étiage des herbiers importants représentés par Ranunculus sp. et Potamogeton densus, se développent parfois.

L'eau, à cette station située dans une zone de faible pente et très élargie, contient parfois des nitrites (6mg/l en moyenne) signalant une légère pollution.

Aux alentours, les riverains font de l'élevage des moutons et ont des champs cultivés.

De plus, le lit de la station est souvent perturbé par les utilisations diverses dont elle fait l'objet :

- rouissage de l'Alfa (BENDJELLOUL, 1987),
- rinçage des légumes et des céréales (carottes, orge, blé),
- lavage du linge,

et par les passages répétés de moutons et autres animaux domestiques (abreuvoir).

■ Station T₂ : aval Sebdou

Latitude : 34°40'17".

Longitude : 1°20'04".

Altitude : 830 m.

Orientation : SE — NW.

Substrat : caillouteux avec dépôts hétérométriques.

La vallée, à cette station, est très encaissée et la végétation rivéraine est importante. Elle se compose d'une strate arborescente représentée essentiellement par du chêne vert (Quercus ilex) mais aussi de peuplier (Populus alba), d'une strate arbustive dont le laurier rose (Nerium oleander), le lentisque (Pistacia lentiscus) et l'oxycèdre (Juniperus oxycedrus) sont les plus dominants et enfin d'une strate herbacée dominée par des joncs (Juncus acutus) des lierres et divers Graminées.

La station T₂ située à 4 Km en aval de la ville de Sebdou reçoit en permanence, par l'intermédiaire de l'oued Sebdou, les effluents domestiques et industriels (provenant en particulier de l'usine de textile) de cette ville.

L'eau à cette station est souvent claire mais parfois nous notons une couleur brunâtre, notamment en période d'étiage où le débit est affaibli et la pollution plus marquée.

En effet la teneur en nitrites a atteint une valeur de 35mg/l durant l'étiage de l'année 1988.

■ Station T₃ : au niveau du pont en amont du barrage de Beni-Bahdel.

Latitude : 32°41'45".

Longitude : 1°27'46".

Altitude : 665 m.

Orientation : SE — NW.

Substrat : caillouteux avec dépôts hétérométriques et présence de gros blocs.

Cette station se caractérise par un courant généralement fort dû à une pente prononcée.

La végétation riveraine est abondante et constituée d'arbres tels que le peuplier blanc (Populus alba), le figuier (Ficus carica), des arbustes tels que le laurier rose (Nerium oleander) abondant sur la rive gauche, et une flore herbacée constituée de lierres (Hedera helix), de menthes et de joncs.

En amont de la station nous notons quelques cultures maraîchères irriguées par des pompes qui puisent l'eau directement dans l'oued.

A l'étiage, un herbier constitué de potamots nageants (Potamogeton natans) se développe souvent dans les zones calmes.

■ Station T₄ : sur route de Beni-Bahdel à Maghnia (en aval du barrage).

Latitude : 34°43'55".

Longitude : 1°34'09".

Altitude : 470 m.

Orientation : S — N.

Substrat : caillouteux avec présence de gros blocs.

Cette station est située sur le versant Nord des Monts de Tlemcen dans les gorges très encaissées de la Tafna. La végétation riveraine est riche en arbres tels que le peuplier blanc, le caroubier (Ceratonia siliqua), le thuya (Callitris quadrivalvis) et des arbustes représentés surtout par du laurier rose, des roseaux (Phragmites communis), de la lavande dentée (Lavandula sp) ainsi qu'une strate herbacée constituée de joncs (Juncus acutus) et diverses Graminées.

Ces gorges sont situées dans une région où se développait une forêt de Thuya aujourd'hui dégradée réduite à un matorral élevé. La roche mère affleure.

L'eau à la station est assez claire et en été des potamots nageants se développent souvent.

De part sa situation en aval du barrage de Beni-Bahdel, la station T₄ n'est pratiquement plus alimentée par l'oued Tafna. Suite à la sécheresse prolongée, le barrage n'assure plus de lâchers et retient la totalité de l'eau qui est dérivée sous conduite forcée vers la ville d'Oran. La station T₄ est alimentée essentiellement par les nombreuses sources latérales et de l'eau de fuite de barrage.

■ Station T₅ : sur R.N. 7 Sabra-Maghnia au niveau du gué
de la Tafna, à l'entrée du village Tafna.

Latitude : 34°49'36".

Longitude : 1°39'13".

Altitude : 300 m.

Orientation : S — N.

Substrat : limono-argilo-sableux + galets.

Cette station à la sortie des gorges de la Tafna présente un lit large (8 m à l'étiage). La végétation riveraine est faible et dégradée. Nous y notons quelques buissons de lauriers roses, plus rarement des joncs et quelques Graminées.

Cette station est fortement perturbée par les actions humaines (extractions de sable, pompages pour l'irrigation, retenues d'eau) et à l'étiage, elle a tendance à s'assécher précocement par suite de dérivations alimentant le périmètre irrigué de Maghnia dont l'eau est récupérée et refoulée dans le réservoir de Souani.

La station T₅ est située dans une région à vocation agricole (cultures maraîchères) mais où se pratiquent aussi des élevages de moutons et de poulets.

Cette localisation lui confère une grande vulnérabilité.

■ Station T₆ : R.N. n°35 Oran-Maghnia en aval d'Hammam-Bouhrara.

Latitude : 34°56'26".

Longitude : 1°54'24".

Altitude : 220 m.

Orientation : NW — SE.

Substrat : galets, limons et argiles.

Cette station, comme la plupart des stations de plaine est située dans une région à vocation agricole (cultures maraîchères dominantes).

Le lit de la rivière sert au rinçage des légumes cultivés dans cette région. De plus, de nombreuses pompes y sont installées pour irriguer les champs avoisinants.

La végétation riveraine, peu importante, est représentée principalement par du laurier rose, du Tamarix et quelques Graminées.

Cette station où l'eau est assez claire quand le débit est fort, voit de la mousse blanche se former sur l'eau dès que celui-ci s'affaiblit. A l'étiage, l'eau prend une teinte grisâtre et dégage une odeur putride témoignant d'une pollution organique.

En effet, en amont de la station T₆ se jette l'oued Mouilah qui collecte via les oued Ouerdeffou et El-Abbès les effluents domestiques et industriels de la ville de Maghnia.

Les effluents de la station thermale de Hammam-Boughrara influent aussi sur la qualité de l'eau à cette station.

■ Station T₇ : Route Zenata-Maghnia, au niveau du Pont sur l'oued.

Latitude : 35°06'52".

Longitude : 1°29'53".

Altitude : 105 m.

Orientation : W — E.

Substrat : dépôt caillouteux (galets) avec un lit majeur riche en limons et sables.

Station de plaine, celle-ci connaît aussi des perturbations liées essentiellement aux activités agricoles. La végétation bordante est faible et constituée principalement de lauriers roses, de joncs et de quelques Graminées dispersées çà et là.

L'eau claire et peu profonde est parfois irrisée en surface par des hydrocarbures provenant de la vidange des pompes et des fuites.

En été, nous observons souvent la formation d'un tapis dense d'algues filamenteuses (Cladophora sp) à la surface des cailloux.

Cette station reçoit en amont les oueds Zitoun et Bou-Messaoud qui n'influencent sur elle qu'en période de crue.

■ Station T₈ : station hydrométrique de la pierre de chat.

Latitude : 35°12'03".

Longitude : 1°28'29".

Altitude : 45 m.

Orientation : SW — NE.

Substrat : argiles, limons et présence de blocs.

Un lit large (10 m à l'étiage) et une végétation riveraine très réduite caractérisent cette station.

L'eau y est rarement claire et présente bien souvent une teinte boueuse.

En amont de T₈ se jette l'oued Isser principal affluent rive droite de la Tafna.

Au niveau de cette station arrive un oued temporaire fortement salé appelé l'oued Ed-Diab.

■ Station T₉ : en aval du village Emir-Abdel-Kader

Latitude : 35°30'00".

Longitude : 1°26'54".

Altitude : 10 m.

Orientation : S — N.

Substrat : argiles, limons et sables.

T₉, comme T₇ et T₈, est perturbée à cause d'une activité agricole développée dans la région. La végétation bordante est représentée par des Tamarix (Tamarix gallica) ainsi que d'une strate arbustive dominée par du laurier rose.

En amont elle reçoit les eaux souillées par les effluents du village Emir-Abdel-Kader.



En hautes et moyennes eaux, l'eau présente une couleur boueuse, marron, alors qu'à l'étiage elle se caractérise par une teinte verte témoignant une activité biologique intense.

2. Bassin de l'Isser :

Les principaux affluents de l'oued Isser sont les oueds Sik-kak et Chouly (rive gauche) et l'oued Bou-Hadi (rive droite).

L'Isser, long de 118 Km, prend sa source sur le versant Nord des Monts de Tlemcen à 870 m d'altitude.

Le parcours de l'oued Isser présente plusieurs orientations :

- le tronçon de montagne : SW - NE avec une pente prononcée,
- le tronçon médian : S - N avec une pente moyenne,
- le tronçon final : E - W avec une pente faible.

La pente moyenne de l'Oued favorise l'augmentation des forces érosives de l'eau

L'étude du couvert végétal montre que les cultures extensives dominent en aval (35,7%) suivies d'un couvert forestier dégradé (30,5%) et d'un couvert forestier normal (10,8%) vers l'amont.

L'oued Isser traverse trois agglomérations bien implantées, Ouled-Mimoun, Sidi-Abdelli, et Bensekrane. Toutefois il ne reçoit pas les rejets industriels de Tlemcen directement mais via l'Oued Sikkak, dans la zone aval, pollué organiquement et chimiquement.

L'oued Isser présente des eaux de qualité médiocre avant son confluent avec la Tafna.

Le barrage de Sidi-Abdelli, en voie d'achèvement ne retient pas encore d'eau.

2.1. L'oued Isser :

X ■ Station I₁ : source de l'Isser, Sur route Ouled-Mimoun-Sebdou.

Latitude : 34°54'08".

Longitude : 1°00'52".

Altitude : 870 m.

Orientation : SW — NE.

Substrat : présence de petits galets sur un fond limono-argilo-sableux.

Cette station se trouve juste en aval de la source de Aïn-Isser qui alimente l'Oued Isser. Son débit est faible en raison des nombreux captages, dérivations et pompages pour l'irrigation.

I₁ est bien ombragée; le lit est envahi par de l'ache aquatique (Apium gravolens) et quelques Bryophytes.

La station est entourée d'arbres et d'arbustes tels que le figuier, le peuplier blanc ainsi que du laurier rose et des ronces (Rubus sp). De plus, diverses Graminées et menthes enrichissent la strate herbacée.

L'environnement végétal de l'Oued Isser en amont de la source est caractérisé par une forêt de thuyas mais fortement dégradée.

■ Station I₃ : route Bensekrane et Sidi-Abdelli

Latitude : 35°08'26".

Longitude : 1°19'42".

Altitude : 300 m.

Orientation : SE — NW.

Substrat : dépôts caillouteux fluviatiles avec présence de limons et argiles.

Cette station est surplombée de terres agricoles à vocation maraîchères.

L'eau présente souvent une teinte verte claire ou blanchâtre.

Le couvert végétal au niveau des rives est essentiellement arbustif avec une dominance de joncs, de lauriers roses et de massettes (*Typha latifolia*). Des menthes et chardons constituent l'essentiel de la strate herbacée.

La station I₃ formant un gué naturel est perturbée par les passages fréquents des camions et tracteurs directement dans le lit.

■ Station I₄ : en aval du village de Sidi-Bouchta.

Latitude : 35°08'41".

Longitude : 1°24'46".

Altitude : 170 m.

Orientation : E — W.

Substrat : argiles et limons avec fonds de galets de petites tailles.

Cette station à lit large (6 m à l'étiage), est entourée de terres agricoles et de vergers.

L'installation de nombreuses pompes à cet endroit réduit excessivement le débit pendant l'étiage au point d'assécher la station.

La végétation riveraine est clairsemée (quelques grands Eucalyptus).

L'eau est souvent trouble. En période de fort débit elle est boueuse, mais à l'étiage la teinte vire vers un vert clair.

✕ Station I₅ : R.N. 22 Tlemcen-Oran au pont à quelques Km en aval de Remchi.

Latitude : 35°39'45".

Longitude : 1°27'53".

Altitude : 80 m.

Orientation : S — N.

Substrat : limons et sables avec présence de blocs.

Le couvert végétal des rives est assez dense et formé essentiellement d'une strate arbustive composée surtout de lauriers roses et de joncs.

I₅ reçoit en amont les eaux de l'oued Sikkak et elle est située à quelques centaines de mètres de son confluent avec l'oued Tafna.

De même que toutes les stations de plaines, celle-ci est fortement perturbée par les pompages excessifs qui allongent la période d'assèchement.

La couleur de l'eau, souvent trouble, est brune en hiver. Quand le débit est réduit elle prend une couleur verdâtre.

2.2. Oued Bou-Hadi

C'est un affluent rive droite de l'Isser et draine un sous-bassin agricole.

L'oued Bou-Hadi est un cours d'eau à régime essentiellement fluvial mais qui s'assèche précocement à cause des pompages et dérivations.

Une seule station est étudiée en aval afin d'évaluer l'impact de l'oued Bou-Hadi sur l'Isser.

À l'étiage, ce cours d'eau est complètement à sec pendant cette étude.

■ Station AT : Route reliant Ouled-Mimoun et Ain-Tellout.

Latitude : 35°26'51"

Longitude : 10°00'00"

Altitude : 535 m

Orientation : SE ——— N

Substrat : Galets en courant rapide et de la vase dans les zones calmes.

Le lit de la station est étroit et bordé par des peupliers blancs, des saules (Salix sp) et des lauriers roses.

Cette station est surplombée de nombreuses cultures céréalières.

2.3. L'Oued Chouly :

✕ Affluent rive gauche de l'Isser, il prend sa source dans les Monts de Tlemcen à environ 900 m d'altitude.

Il draine le versant Nord-Est des Monts de Tlemcen.

Sa vallée est assez fortement boisée et riche en vergers.

Les nombreuses sources de la région assurent une alimentation permanente à l'Oued Chouly.

Deux stations, l'une en amont, à proximité de la source du Chouly, et l'autre en aval, ont fait l'objet de notre étude.

■ Station C₀ : Source du Chouly en amont de Yebdar.

Latitude : 34°49'15"

Longitude : 1°10'55"

Altitude : 850 m

Orientation : S ——— N

Substrat : fond des blocs et cailloux.

Cette station se caractérise par un débit toujours important (100l/s).

L'eau est très limpide et fraîche; le fond de blocs et cailloux est recouvert de Bryophytes, de menthe (Mentha rotundifolia) et d'ache aquatique (Apium graveolens).

De nombreux arbres et arbustes sont en surplomb du lit de la station, du peuplier blanc, des saules et des frênes (Fraxinus sp) ainsi que du Laurier rose et des ronces.

Du fait de la richesse de la région en source, les vergers sont particulièrement abondants aux alentours de C₀.

Cette station est utilisée comme abreuvoir pour le bétail; parfois les riverains viennent y laver leur linge et les peaux de mouton. La station C₀ est en partie captée pour l'alimentation du village de Yebdar.

■ Station C₂ : Route Sidi-Abdelli - Ouled Mimoun.

Latitude : 34°57'32"

Longitude : 1°3'13"

Altitude : 535 m

Orientation : SW — NE

Substrat : Caillouteux avec dépôts hétérométriques.

Elle est située dans une région agricole (vergers et vignes) mais où l'élevage intensif de poulets est aussi largement développé et les eaux de nettoyage sont riches en matières azotées entraînées vers l'oued.

La végétation riveraine est composée de peupliers blancs, de saules, de frênes, du laurier rose, des joncs des menthes et de Graminées diverses.

2.4. L'Oued Sikkak :

Il prend sa source à 1190m d'altitude dans les Monts de Tlemcen.

La rivière arrive au niveau du plateau de Terni où elle est retenue entièrement par le barrage du Meffrouch.

L'oued se reforme à partir des sources des cascades d'El-Ourit à 800 m d'altitude et prend le nom d'oued Saf-Saf jusqu'en aval du village de Saf-Saf puis d'oued Sikkak à partir de la commune de Chetouane.

Il suit d'abord une vallée profonde et encaissée puis continue sur les plaines d'Hennaya.

Les nombreuses agglomérations dans cette région (dont la ville de Tlemcen) envoient leurs effluents dans l'Oued Sikkak.

Aux rejets domestiques de la ville de Tlemcen surtout, s'ajoutent les rejets industriels de la zone industrielle de Chetouane (LEGGAT, 1987).

L'orientation générale de l'oued Sikkak est N - S

31 % du couvert végétal du bassin versant est occupé par des cultures extensives (surtout céréalières), 25% par un couvert forestier dégradé et 23 % par l'arboriculture (orangeries, pommiers) et la viticulture.

Deux stations d'étude ont été choisies en aval afin d'évaluer les apports de ce cours d'eau sur l'oued Isser.

■ Station S₃ : Route reliant Hennaya et village Amiquier.

Latitude : 35°00'00"

Longitude : 1°22'15"

Altitude : 245 m

Orientation : SW — E

Substrat : dépôts caillouteux hétérométriques et présence d'argiles.

La végétation riveraine est réduite à la présence de quelques lauriers roses et de Tamarix.

La station S₃ est située dans une zone de cultures céréalières et fruitières.

L'eau est souvent trouble et grisâtre.

Lorsque le débit est fort, elle devient boueuse.

A l'étiage nous observons quelques fois la formation d'un tapis d'algues filamenteuses (Cladophora sp).

La surface de l'eau est parfois irisée à cause des hydrocarbures provenant des pompes et d'un mauvais réseau collecteur des eaux usées qui reçoit les hydrocarbures de lavage des garages.

Cette station, facilement accessible, est très fréquentée par l'homme qui y lave souvent les véhicules et l'utilise comme abreuvoir pour les moutons.

■ Station S₄ : en amont du confluent avec l'Oued Isser; sur route Ain-Youcef - Sidi-Bouchta.

Latitude : 35°08'20"

Longitude : 1°24'40"

Altitude : 150 m

Orientation : SE — NW

Substrat : dépôts caillouteux hétérométriques avec argiles et limons.

Cette station reçoit en amont les eaux de l'oued Amiguiier qui draine un bassin versant agricole.

La végétation riveraine est assez riche et constituée principalement d'une flore arbustive composée de lauriers roses, ainsi que des saules et du Tamarix.

A l'étiage, des algues filamenteuses se développent, témoins d'une minéralisation des rejets organiques provenant de l'amont.

Les deux stations S_3 et S_4 du Sikkak sont largement influencées par les rejets domestiques et industriels de la région de Tlemcen. De plus, les pompages et les dérivations réduisent le débit du cours d'eau, en aval qui s'assèche rapidement à l'étiage.

3. L'Oued Khémis :

C'est un affluent rive gauche de la Tafna et sa confluence avec celui-ci se fait au niveau du barrage de Beni-Bahdel.

Il prend sa source sur le versant Nord-Ouest des Monts de Tlemcen à 1050 m d'altitude.

Long de 36 Km, ce cours de montagne est alimenté essentiellement par des sources qui lui assurent un écoulement pérenne.

L'oued Khémis court au fond d'une vallée extrêmement encaissée (gorges du Khémis) dans laquelle les paysans font quelques cultures maraîchères mais où l'arboriculture est dominante.

Le village du Khémis est la seule agglomération importante que traverse l'oued Khémis.

Celui-ci reçoit les effluents domestiques de ce village mais aussi des colorants servant à la teinture des nattes d'alfa.

Deux stations ont été choisies, l'une en amont dans la zone du crénel et la seconde en aval du village avant l'entrée dans le réservoir de Beni-Bahdel.

■ Station K₀ : à environ 5Km en amont de Khémis.

Latitude : 34°35'05"

Longitude : 1°35'41"

Altitude : 1045 m

Orientation : W — SE

Substrat : fond de galets et présence de limons et d'argiles.

C'est une station très ombragée du fait de la forte densité de la végétation bordante représentée essentiellement par des lauriers roses, des mûriers sauvages, des arbres tels que les saules et les frênes et une strate herbacée formée de menthes.

A quelques mètres en amont de la station de prélèvement existe un bassin qui sert au rouissage de l'alfa et qui peut contribuer à l'augmentation des teneurs en matières organiques (AZZA, 1987).

L'eau est limpide, fraîche et peu profonde.

La forte densité végétale rend la station presque inaccessible donc l'homme la fréquente peu.

■ Station K₂ : à l'entrée du barrage de Beni-Bahdel.

Latitude : 34°41'55"

Longitude : 1°30'16"

Altitude : 650 m

Orientation : S — N

Substrat : Limons, argiles et sables avec présence de blocs

Cette station présente un couvert végétal dense constitué de roseaux, lauriers roses, menthes et de diverses Graminées.

Des cultures maraîchères sont pratiquées sur les terrasses de la rivière. Difficilement accessible, cette station ne semble pas subir de grandes perturbations. Toutefois, en amont l'oued Khémis reçoit les effluents domestiques de villages de la région.

L'eau est toujours à peu près claire quelque soit la saison et la végétation, plus importante en période d'étiage qu'en saison humide, envahit peu à peu le lit.

4. Le bassin du Mouilah :

Affluent rive droite de la Tafna, l'oued Mouilah prend sa source en Algérie dans la région d'El-Abed à 1250 m d'altitude, puis pénètre au Maroc, prend le nom d'oued Isly et son cours est intermittent. Il redevient permanent en aval de la ville d'Oujda (Maroc) à 490 m d'altitude. A son entrée en Algérie il prend le nom d'oued Mouilah, et il est donc pérenne. Dans cette partie il draine un bassin versant à vocation agricole.

Des extractions de matériaux avec concassage et lavage de graviers, destinés à une usine de production de canalisations en béton sont situées sur le cours supérieur de l'Oued Mouilah.

Pour cela, nous avons choisi une station en amont de l'exploitation (M_0) et une autre juste en aval (M_1), distantes l'une de l'autre d'à peine 200 m. Une troisième station (M_2) (station hydrométrique de l'A.N.R.H) est choisie en aval du confluent du Mouilah avec l'oued Ouerdeffou.

4.1. L'Oued Mouilah :

L'Oued Mouilah reçoit sur sa rive droite l'Oued ouerdeffou collecteur des effluents domestiques et industriels de la ville de Maghnia.

En aval de la station M_2 , il rejoint le cours de la Tafna.

■ Station M_0 : en amont de l'entreprise d'exploitation et d'extraction de graviers.

Latitude : $34^{\circ}54'43''$

Longitude : $1^{\circ}48'44''$

Altitude : 408 m

Orientation : W — E

Substrat : Limons et argiles.

Cette station, bien exposée, est entourée d'une faible végétation représentée essentiellement par une strate herbacée formée de chardons et diverses Graminées.

L'eau est claire et est retenue, en aval, dans un petit bassin aménagé où souvent se forme une mousse blanche épaisse à la surface de l'eau dûe probablement à des détergents. La source de cette pollution reste inconnue. Il est probable qu'elle provienne du Maroc.

■ Station M_1 : aval de l'usine. Pont route Maghnia.

Latitude : $34^{\circ}54'43''$

Longitude : $1^{\circ}48'53''$

Altitude : 405 m

Orientation : W — NE

Substrat : Dépôts caillouteux avec présence de limons et argiles.

Cette station dont la végétation est quasi absente présente une eau toujours trouble de couleur brune. L'usine de concassage en amont est une cause sérieuse de perturbations et par le choix de cette station nous en étudierons l'impact.

■ Station M₂ : RN° 35 Maghnia-Hammam-Boughrara.

Latitude : 34°54'38"

Longitude : 1°52'58"

Altitude : 285 m

Orientation : SW — NE

Substrat : Fonds caillouteux; lit majeur riche en sables et en limons.

La végétation riveraine est clairsemée (Tamarix et lauriers roses).

A l'étiage une odeur forte et nauséabonde se dégage de l'eau; le fond est couvert d'un tapis blanchâtre composé de bactéries filamenteuses (Sphaerotilus sp).

La vase est de couleur noire, réductrice et dégage une odeur putride dès qu'on la remue.

Cette eau polluée, se déverse dans l'oued Tafna.

4.2. Les oueds Ouerdeffou et El-Abbès :

L'oued Ouerdeffou, affluent rive droite du Mouilah, est un cours d'eau temporaire en amont de Maghnia et permanent en aval alimenté principalement et même exclusivement en période d'étiage par les rejets urbains de cette ville. Il reçoit aussi les effluents industriels des usines de traitement du maïs et de l'industrie chimique par son affluent, l'oued El-Abbès.

Ces deux oueds ont été choisis afin de montrer que la pollution dont ils sont l'objet a un impact sur les oueds principaux du bassin de la Tafna, en particulier l'oued Tafna, et démontrer aussi la récupération de l'état biologique en aval.

Deux stations ont été choisies, l'une sur l'oued Ouerdeffou (MG) en aval de Maghnia et du confluent avec l'oued El-Abbès, l'autre (BA) sur l'oued El-Abbès en aval des différentes usines.

■ Station MG :

Latitude : 34°52'59"

Longitude : 1°39'02"

Altitude : 330 m

Orientation : W — NE

Substrat : Fond de lit caillouteux.

La végétation riveraine est peu abondante et l'oued Ouerdeffou traverse une région riche en maraîchage. Des pompes d'irrigation sont installées dans des bassins creusés sur les rives à quelques mètres du cours d'eau.

Lorsque le débit est important, l'eau est de couleur grise-claire; dès que celui-ci diminue, celle-ci prend une teinte d'eau d'égout avec un développement bactérien intense.

A l'étiage une odeur forte et désagréable se dégage de l'oued Ouerdeffou.

■ Station BA : RN 7 Maghnia -Sabra.

Latitude : 34°50'19"

Longitude : 1°42'31"

Altitude : 360 m

Orientation : W — NE

Substrat : Vase réductrice.

Cette station se caractérise par un milieu très pollué.

A débit faible l'eau est de couleur blanc laiteux témoignant d'une charge excessive en matières en suspension. Une couche épaisse (20-30cm), constituée principalement des rejets de matière organique provenant des usines d'agro-alimentaire (traitement de maïs) s'est formée sur le lit de l'oued.

Le débit de l'oued El-Abbès, naturellement temporaire, est assuré par les rejets industriels.

5. L'oued Ed-Diab :

Coulant sur des terrains salifères du Trias, l'oued Ed-Diab, affluent rive gauche de la Tafna, se distingue par une salinité élevée.

Cours d'eau temporaire, il présente un régime pluvial et le but de notre étude est de savoir si son impact est grand ou non sur les stations aval de la Tafna (T₈ et T₉).

Une seule station a été choisie en aval de l'oued Ed-Diab à quelques dizaines de mètres de son confluent avec la Tafna.

■ Station P : Route Pierre du Chat-Honaïne.

Latitude : 35°11'44"

Longitude : 1°28'29"

Altitude : 55 m

Orientation : W — NE

L'eau à la station P est claire et le lit peu profond.

A l'étiage, cette station complètement à sec et bien exposée, montre un dépôt blanc sur le fond du lit du cours d'eau caractéristique des sels (principalement du NaCl).

A cause de la salinité élevée, la végétation est réduite à proximité de l'oued.

Les fellahs n'utilisent pas cette eau pour l'irrigation de leurs cultures; les pompes sont installées sur la Tafna, assez proche, et les conduites passent au-dessus de l'oued Ed-Diab.

CHAPITRE 3

METHODES

1. Echantillonnage:

La campagne d'échantillonnage, sur un cycle hydrologique annuel a eu lieu en 1988 et 1989.

Les prélèvements ont été effectués en fonction d'épisodes hydrologiques différents:

* Les hautes eaux : avec un débit fort; cette période a succédé à une forte crue qui a eu lieu du 17 au 20 Mars; la première de la saison de l'année 1989 après un étiage d'environ 6 mois.

Nos prélèvements ont été réalisés du 22 Mars au 24 Mars 1989. Le débit est fort et les eaux turbides.

* Les moyennes eaux : Les prélèvements ont été réalisés environ quinze jours après la période des hautes eaux, soit du 08 au 10 Avril 1989.

Le débit s'est affaibli par rapport aux hautes eaux mais l'écoulement est important et stabilisé.

* Les basses eaux : Les prélèvements ont été réalisés pendant deux étiages:

. Fin Juin 1988 (du 25 au 27 Juin)

. Fin Juin 1989 (du 20 au 21 Juin).

Le débit est faible, parfois nul; l'écoulement est réduit et les températures élevées.

C'est donc en fonction du débit, selon qu'il est fort, moyen ou faible, qu'ont été choisies les trois périodes d'échantillonnage afin d'étudier l'évolution des matières en suspension et dissoutes dans le temps et surtout de quantifier l'impact des crues sur les matières en suspension.

■ Mode de prélèvement :

Trois ou quatre échantillons d'eau sont prélevés en différents points au niveau de chaque station, en évitant les zones où les eaux stagnent.

Pour prélever l'eau, un bidon de cinq litres est immergé avec précaution à quelques centimètres sous la surface de l'eau afin d'éviter de récolter les matières flottantes.

Les échantillons sont ensuite transportés pour traitement au laboratoire où ils sont placés dans une chambre froide à 4°C (RODIER, 1978) pour éviter tout développement d'algues qui fausserait les analyses.

2. Physico-chimie de l'eau :

2.1. La température :

La température de l'eau et de l'air a été régulièrement relevée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre à mercure.

2.2. Le pH :

Il est estimé, sur le terrain, à l'aide d'un papier pH dont la lecture se fait après immersion du papier dans l'eau pendant environ une minute par comparaison de couleurs.

2.3. La conductivité :

Elle a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un conductimètre électrique.

2.4. La salinité :

Mesurée au laboratoire à l'aide du même appareil ayant servi à la conductivité. L'unité est exprimée en g/l de NaCl.

2.5. La turbidité :

Elle a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre (AQUADATA T300) utilisant l'effet Tyndall. L'unité utilisée est le N.T.U.

2.6. Les autres dosages :

Les nitrates, les nitrites, l'alcalinité et la dureté ont été effectués, quand cela a été possible, sur le terrain à l'aide de réactifs HACH.

3. Les matières en suspension : MES

Les deux méthodes les plus utilisées et préconisées pour l'étude des MES sont:

- la centrifugation en continu,
- la filtration fractionnée.

La centrifugation en continu consiste à séparer les éléments en suspension suivant un gradient de densité (LAMMERS, 1962; LAMMERS, 1966).

La filtration consiste à séparer les différentes fractions de MES grâce à des filtres de diamètres de pores connus, de sécher puis d'incinérer ces filtres afin de déterminer par pesage les teneurs en matières organiques et minérales.

CAMPBELL et ELIOTT (1975) établissent une comparaison entre ces deux méthodes. La conclusion de leurs travaux penche en faveur de la méthode par filtration puis qu'elle nécessite un volume d'eau ne dépassant pas 2 litres (jusqu'à 20l pour une centrifugation) et les résultats sont plus fiables.

MASSIO (1976) constate qu'après centrifugation l'eau garde une turbidité de 10 à 30% alors que filtrée elle est deux fois moindre.

Toutefois, la centrifugation peut être utile pour les faibles concentrations.

Pour notre étude, nous avons donc opté pour la méthode du dosage des MES par filtration sous vide.

Pour le fractionnement des MES, trois types de filtres ont été choisis:

- Whatman GF/C : en fibre de verre et dont le diamètre de pores varie entre 0,5 et $1\mu\text{m}$;

- Rundfilter MN : en papier et dont le diamètre de pore varie entre 5 et $7\mu\text{m}$;

- Whatman n°41 : en papier et dont le diamètre de pores varie de 20 à $25\mu\text{m}$; le pourcentage des cendres est nul.

Les auteurs ont montré que ce sont les particules entre 1 et $20\mu\text{m}$ (ou dont le diamètre est inférieur à $30\mu\text{m}$) qui sont le plus souvent maintenues en suspension (GALAHARGUE *et al.*, 1975; WHITE et GAMMON, 1977).

La fraction inférieure à $1\mu\text{m}$ est essentiellement représentée par la matière dissoute (MASSIO, 1976; LOCK et FORD, 1986) mais peut contenir aussi des particules minérales et organiques.

• les fractions obtenues sont:

• $< 1 \mu\text{m}$: MTF OTF]	Fraction très fine minérale. ou organique.
• entre $1 \mu\text{m}$ et $7 \mu\text{m}$: MF OF]	Fraction fine minérale. ou organique.
• entre $7 \mu\text{m}$ et $25 \mu\text{m}$: MI OI]	Fraction intermédiaire minérale ou organique.
• $\geq 25 \mu\text{m}$: MG OG]	Fraction grossière minérale ou organique.

• La charge totale en matières en suspension (CT) est obtenue par évaporation d'un échantillon d'eau, puis par ignition nous déterminons la fraction minérale (MM) et la fraction organique (MO)

• Méthode :

Avant leur utilisation les filtres vierges sont séchés à l'étuve à une température de 105°C pendant deux heures puis placés dans un dessiccateur afin d'être pesés à l'aide d'une balance de précision (10^{-4} gramme).

Après filtration d'un volume d'eau homogénéisé et connu, les filtres sont séchés dans une étuve à une température de 105°C pendant trois ou quatre heures puis pesés. Nous obtiendrons le poids sec : PS.

Ils sont ensuite placés dans un four Pasteur à Mouffle pour incinération à une température de 550°C pendant trois heures. Par différence nous obtenons la fraction organique à laquelle s'ajoute un volume de sels qui se dissocient. L'erreur ainsi commise reste cependant minime comparativement aux teneurs en MES.

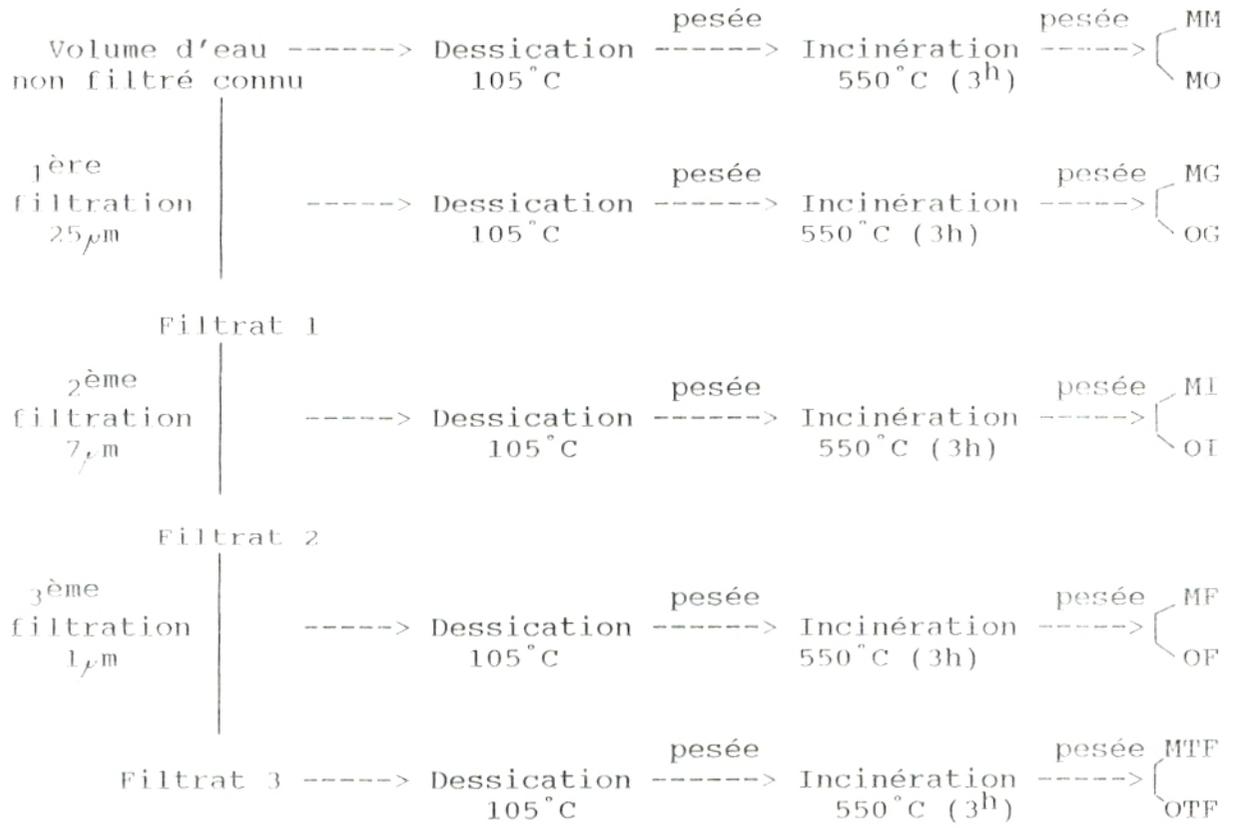


Schéma récapitulatif.

CHAPITRE 4

RESULTATS

1. Physico-chimie

Les résultats physico-chimiques sont regroupés dans le tableau 4.

1.1. La conductivité

Elle varie en fonction de plusieurs paramètres dont :

- le débit,
- la nature des terrains traversés,
- la minéralisation,
- le degré de pollution.

Les graphes de la conductivité sont représentés, à l'échelle logarithmique, pour les principaux oueds du bassin de la Tafna dans la figure 5.

La conductivité présente une évolution globale similaire dans le temps dans tous les oueds étudiés.

Elle est maximale à l'étiage, minimale en hautes eaux avec des valeurs intermédiaires en moyennes eaux.

La conductivité varie de 400 à 11.400 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Les valeurs les plus élevées sont observées à partir des stations du piedmont et à l'étiage, les plus faibles en altitude et pendant les hautes eaux et les moyennes eaux.

Il est clair que plus le débit diminue plus la conductivité augmente (CASANOVA-BATUT, 1977; ILTIS et LEVEQUE, 1982; HOLMIERE, 1988); toutefois la nature des terrains à prédominance calcaire fait que ce paramètre est plus marqué par rapport aux études faites sur des rivières d'Europe (auteurs sus-cités).

L'oued Isser ne présente pas de particularités sauf en moyennes eaux où la valeur de la conductivité est élevée en I_1 ceci étant probablement dû à une perturbation locale et passagère car la conductivité est généralement voisine de $600 \mu\text{s}/\text{cm}$ à cette station.

Les oueds Khémis et Chouly présentent peu de variations aussi bien dans le temps que dans l'espace. Ces cours d'eau permanents sont alimentés en amont par des sources dont le débit est régulier.

Les fortes conductivités des stations MG et BA sont dues à la pollution organique et chimique marquée, conséquente des rejets urbains et industriels (traitement de maïs, SNIC) de la ville de Maghnia.

1.2. Salinité

Son évolution est calquée sur celle de la conductivité dans ce sens où elle est maximale à l'étiage et minimale en hautes eaux.

La figure 6 représente les graphes de la salinité à l'échelle logarithmique pour les principaux oueds du bassin de la Tafna.

Les terrains calcaires confèrent à nos stations une dureté de l'eau élevée.

La salinité, plus marquée à l'étiage, est due à une élévation importante de la température qui provoque une évaporation intense des eaux peu profondes qui caractérisent les oueds du bassin de la Tafna.

La Haute Tafna, l'oued Khémis et l'oued Chouly, grâce à leurs écoulements réguliers et permanents maintiennent un taux de salinité plus ou moins constant.

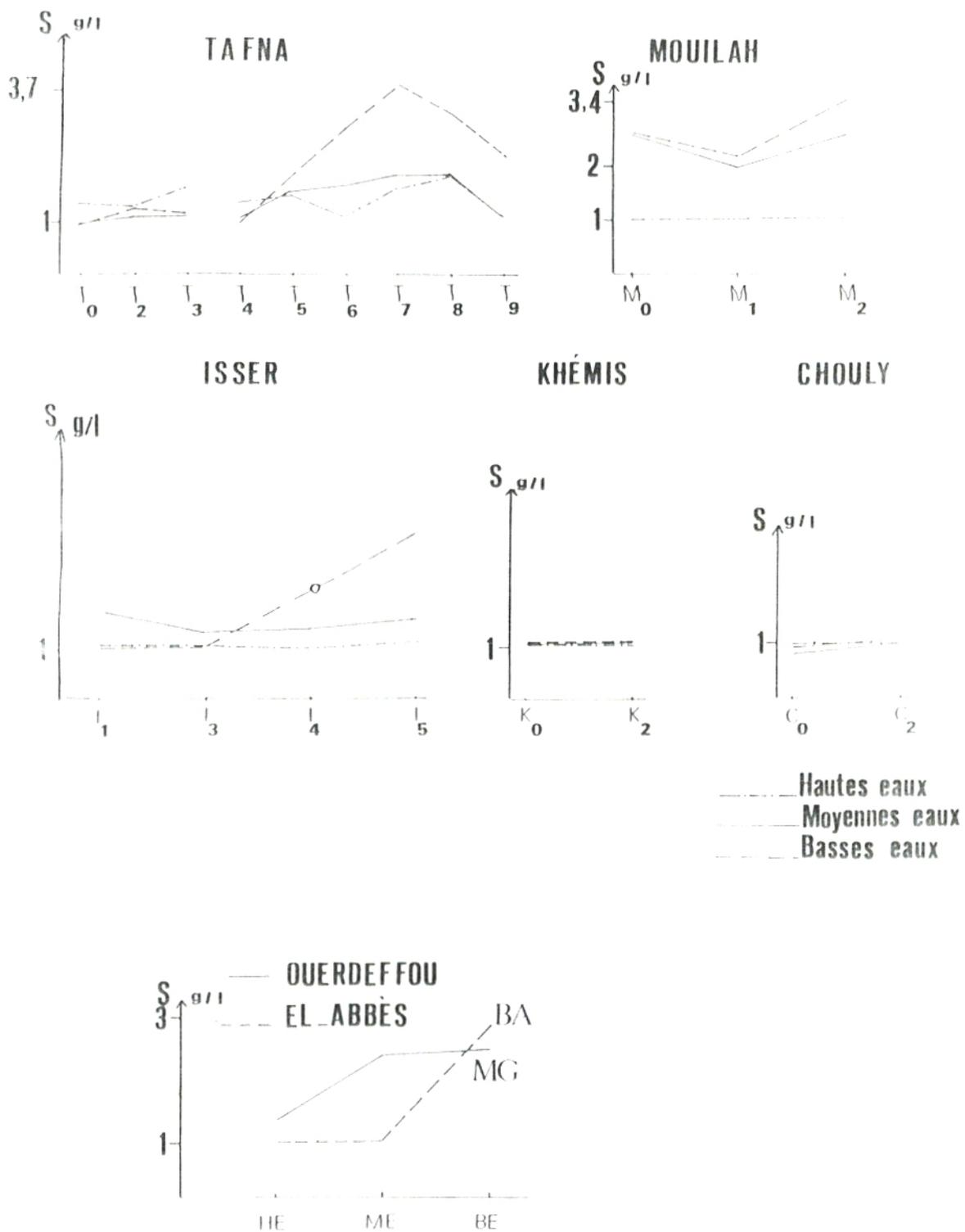


Fig.6 : Graphes des salinités des principaux cours d'eau du BV de la Tafna.

La Moyenne et la Basse Tafna présentent quelques particularités :

■ pendant les hautes eaux et les moyennes eaux, la salinité augmente jusqu'en T₈ puis baisse en T₉. Le pic en T₈ est dû aux effets de l'oued Ed-Diab dont la teneur en sels atteint des proportions considérables (7,6 et 11,4g/l de NaCl respectivement).

A l'étiage, cet oued ne constitue plus un apport direct pour l'oued Tafna car il s'assèche dès le début de la saison chaude; mais nous pouvons penser que les apports continuent à se faire grâce au sous-écoulement.

La minéralisation est maximale en T₇. L'oued Mouilah lui-même enrichi par l'Ouerdeffou est responsable des teneurs élevées en sels dans la Basse Tafna.

A l'étiage la teneur élevée en sels en I₅ est associée à la stagnation de l'eau due à un débit nul et une température élevée qui active l'évaporation.

Les teneurs élevées en sels sont liées à la nature des terrains drainés, aux effets de la pollution mais sont aussi imputables à l'épandage d'engrais utilisés largement dans les cultures maraichères et céréalières bien développées dans ces régions.

A l'étiage, un courant d'eau capillaire s'établit dans le sens ascendant provoquant ainsi une remontée des sels vers la surface (DUCHAUFFOUR, 1984); par l'irrigation, ces sels sont entraînés vers les oueds.

1.3. Turbidité (fig. 7)

Elle est liée au débit solide (ILTIS et LEVEQUE, 1982) et plus précisément à la matière inorganique en suspension (GALAHARGUE et al, 1975; MASSIO, 1976). Toutefois COSTA (1977) montre qu'à l'étiage la matière organique contribue à l'augmentation de la turbidité.

Cependant il n'existe pas une formule universelle établissant une relation entre la turbidité et la concentration des sédiments en suspension (TRUHLAR, 1976; NILSSON, 1976).

Dans notre étude la turbidité est maximale pendant les hautes eaux, minimales en moyennes eaux et prononcée à l'étiage.

Ce sont les premières crues qui sont les plus turbides (MEYBECK, 1985) et c'est surtout la matière minérale qui influe sur ce facteur. Néanmoins celle-ci reste élevée pendant les périodes de débits moyens et faibles.

En règle générale la turbidité est aussi liée à la nature des terrains drainés. L'augmentation de la turbidité de l'amont vers l'aval est corrélée à celle des MES quand les courants sont forts (COSTA, 1977).

D'autres facteurs contribuent en aval; en période de crue la rivière érode activement son lit en aval, ajouté à cela l'influence de l'irrigation dont les canaux charrient beaucoup de sédiments parfois même plus que le lit de la rivière (COSTA, 1977).

Toutefois si la période des hautes eaux répond bien à ce schéma, il n'en n'est pas de même pour celles des moyennes et basses eaux où la turbidité est due aux matériaux solides fins, légers restés en suspension.

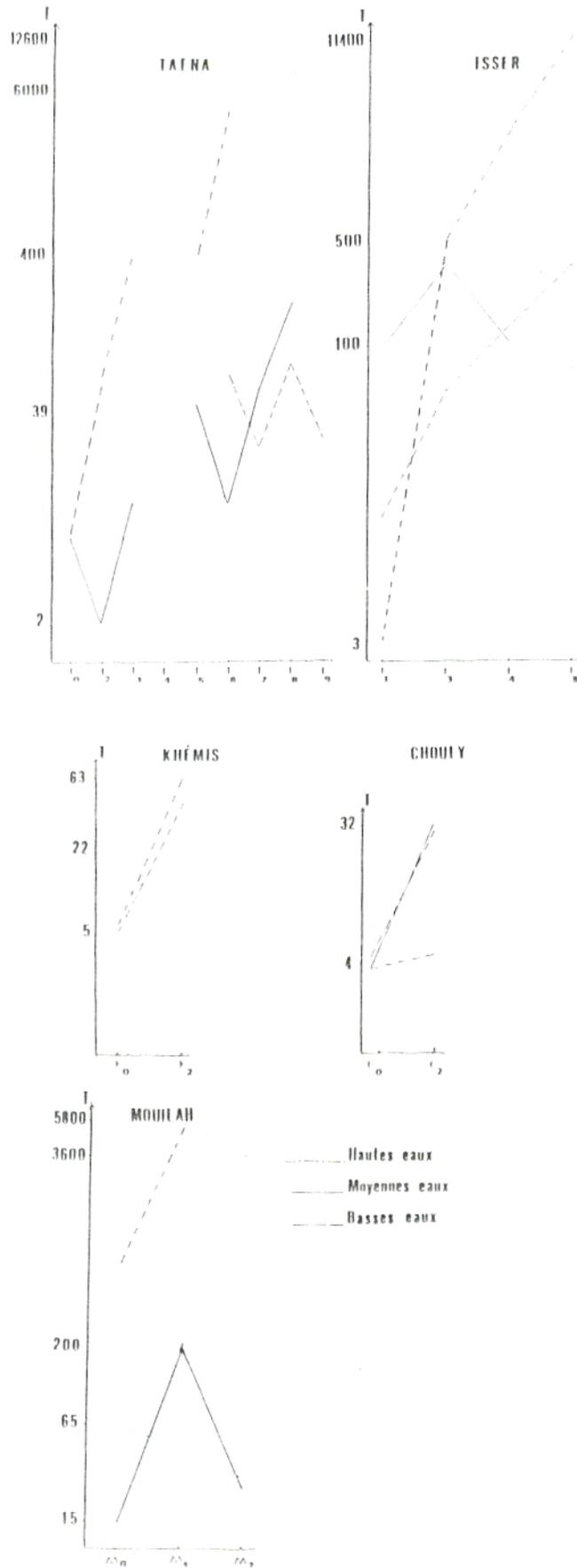


Fig.7 : Graphes des turbidités des principaux cours d'eau du BV de la Tafna.

La turbulence de l'eau, les pentes à chaque station mais aussi l'accroissement des teneurs en matières organiques particulières et dissoutes (GALAHARGUE et al, 1975) sont autant de paramètres qui agissent sur la turbidité.

Les stations en altitude (T_0 , T_2 , T_3 , T_4 , K_0 , K_r , C_0 , I_1) drainant des terrains peu érodables (roche à nu ou au contraire tapis végétal important) le ruissellement apporte peu de MES d'où les faibles variations de la turbidité.

1.4. Autres paramètres

Les températures présentent une augmentation normale de l'amont vers l'aval avec des amplitudes plus grandes en été en aval et des moyennes relativement élevées près des sources (17°C) (Tableau 4).

Le pH subit très peu de variations et reste alcalin sauf cas de rejets acides (BA, MG, M_2). Il augmente légèrement en moyenne à l'étiage.

2. Les matières en suspension et dissoutes

Le transport des matériaux dans les rivières se fait selon quatre modes (MILNER et al, 1981) :

- la tractation : qui concerne les particules toujours en contact avec le lit, (moins de 10%).
- la saltation : qui concerne des particules fréquemment en contact avec le lit,
- en suspension : aucun contact entre les particules et le lit,

Stations	Paramètres			pH			T° air °C			T° eau °C			Conductivité S/cm			Turbidité N.T.U			Salinité (g/l)		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
M0	10h10'	9h30'	9h	6,5	7	6,8	15	13	26	14	15	17	510	552	418	39	6	6	1,02	1,02	0,98
	10h45'	9h50'	9h45'	6,5	6,8	7	16	13	26	12	12	19	600	782	1074	64	1,3	58	1,00	1,14	1,38
	11h20'	10h20'	10h20'	7	7	7	16	14	28	12	13	21	551	785	786	400	12	62	1,63	1,14	1,24
	13h40'	12h	15h	6,8	7	7	17	13	30	13	15	25	535	560	530	170	4,9	1,36	1,10	1,08	
	14h35'	12h55'	-	6,8	6,5	-	16	10	-	13	15	-	789	1640	-	350	44	1,48	1,6	1,0	
	15h15'	15h15'	14h50'	6	6,5	7	16	13,5	38	13	15	30	671	3250	4460	3500	10	67	1,12	1,92	2,8
	15h50'	15h45'	14h	6,5	7	7,7	18	13	32	14	15	36	640	3350	4568	5500	55	23	1,64	1,94	2,65
	11h50'	13h55'	11h50'	6	7,8	7,7	15	22	38	11	20	30	1685	2080	3710	6000	200	83	1,86	1,94	2,1
	12h35'	14h15'	12h15'	6	7,3	7,5	16	21	29	11	19	27	670	782	11400	12600	180	27	1,12	1,14	1,7
	14h20'	10h	10h35'	7	7	7	17	16	27	13	16	18	684	2080	547	2,7	100	8	1,08	1,70	1,07
M1	11h55'	11h30'	11h30'	7	7	7	17	17	35	12	16	25	666	1100	948	500	350	42	1,08	1,30	1,34
	10h30'	12h55'	-	6	7,3	-	13	21	-	10	19	-	541	1190	-	2500	120	-	1,01	1,52	-
	10h45'	13h30'	11h15'	6	7,5	7	14	22	34	11	17	25	610	1536	3980	11400	72	350	1,12	1,52	2,22
	11h	12h10'	9h40'	7	7	7	16	20	32	12	13	17	453	1130	4870	300	44	357	1,2	1,28	3,58
	10h15'	12h25'	-	6,5	7	-	13	22	-	10	17	-	1120	1521	-	2700	52	-	1,28	1,70	-
	13h10'	9h25'	9h45'	6,5	7	7	17	17	27	11	13	17	540	420	399	3,7	3,6	1,00	0,72	0,99	
	13h20'	10h44'	11h40'	7	7	7	17	17	29	13	15	24	600	584	573	6	32	19,3	1,06	1,04	1,12
	13h45'	10h25'	-	7	7	7	16	16	-	12	14	-	1800	500	-	18	11	1,7	1,00	1,04	1,12
	12h20'	11h10'	11h30'	7	7	7	18	13	28	12	14	27	540	668	530	-	92	4,9	1,00	1,02	1,08
	11h40'	10h35'	10h45'	6,8	7	7	17	13	29	12	13	21	560	580	594	63	22	10	1,00	1,04	1,1
M2	13h05'	14h	14h30'	6,5	6,5	7	16	10	38	13	15	28	660	2725	2352	5800	200	48	1,06	2,04	2,26
	13h40'	14h55'	15h	6	6,5	7	16	14	38	13	15	35	700	3950	4137	3600	26	30	1,10	2,68	3,36
	13h55'	14h30'	15h30'	6	6,5	6	16	13	38	13	15	34	1520	3120	3080	800	276	3080	1,47	2,84	2,72
	14h15'	13h15'	16h	6	6	5,5	16	14	36	13	17	31	519	4060	4175	600	276	6200	1,00	1,04	2,26
	11h45'	13h50'	-	6	6,8	-	15	22	-	10	21	-	6200	14640	-	800	2,4	-	1,6	1,44	-
	14h55'	13h50'	14h05'	6,5	6	-	16	10	38	13	15	30	620	1560	3350	700	15	65	1,04	2,64	2,78

Tableau 4 : Resultats physico-chimiques pour les annees 1988-1989.
(a = hautes eaux; b = moyennes eaux; c : basses eaux).

- dissous : les matériaux du lit y contribuent rarement.

La matière en suspension (MES) consiste en des particules minérales (argiles, limons, sables et autres) et organiques incluant le Phytoplancton et les détritits (ZEITSHEL, 1970).

2.1. Origine de la matière minérale

Les différentes origines possibles sont :

- l'érosion du bassin versant; les facteurs affectant ce processus sont de deux types :

- * les forces actives : elles dépendent du climat et plus particulièrement des précipitations, de la température et du vent,

- * les forces passives : elles sont liées aux caractéristiques du sol (nature du substrat), la topographie (pente) et l'existence ou non d'une couverture végétale du sol (GUY, 1964; SUNDBORG, 1982).

- la remise en suspension des sédiments : après un étiage prolongé, des débits faibles peuvent remettre en suspension les sédiments déposés (MASSIO, 1976).

2.2. Nature et origine de la matière organique

La matière organique particulaire est formée d'un ensemble vivant représenté par des Bactéries du Phytoplancton et du Zooplancton, et de la matière inerte constituée en partie de détritits organiques (GALAHARGUE et al, 1975).

La fraction OTF ($< 1\mu\text{m}$) obtenue sur filtre Whatman GF/C est donc constituée essentiellement de matières organiques dissoutes (GALAHARGUE et al, 1975; MASSIO, 1976; CASELLAS et al, 1983) composées de substances humiques et non humiques.

La méthode par incinération ne nous permet pas de différencier la matière organique vivante de la matière organique inerte.

2.3. Evolution de la charge totale :CT (fig. 8)

La charge totale (CT) est représentée par l'ensemble de la matière minérale (MM) et de la matière organique (MO) en suspension et en solution.

Les résultats sont exprimés sous forme d'histogrammes sur le réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna, à une échelle logarithmique. Le pourcentage de MM se lit par comparaison de la hauteur noircie de chaque colonne (100%).

■ les valeurs de la charge totale se présentent différemment selon la situation des stations et l'épisode hydrologique considéré.

En général, les charges sont inférieures à 1g/l dans les stations des Monts de Tlemcen et de piedmont et atteignent des valeurs souvent supérieures à 2g/l dans les stations de plaine. Les teneurs les plus fortes sont signalées en période des hautes eaux. Les moyennes eaux sont les moins chargées.

Les charges totales ont tendance à augmenter de l'amont vers l'aval; ceci est d'autant plus marqué en période des hautes eaux et celle des basses eaux.

La fraction minérale est nettement dominante (>60%) en période des hautes eaux avec des charges maximales en aval.

A l'opposé, la fraction organique devient prépondérante à l'étiage.

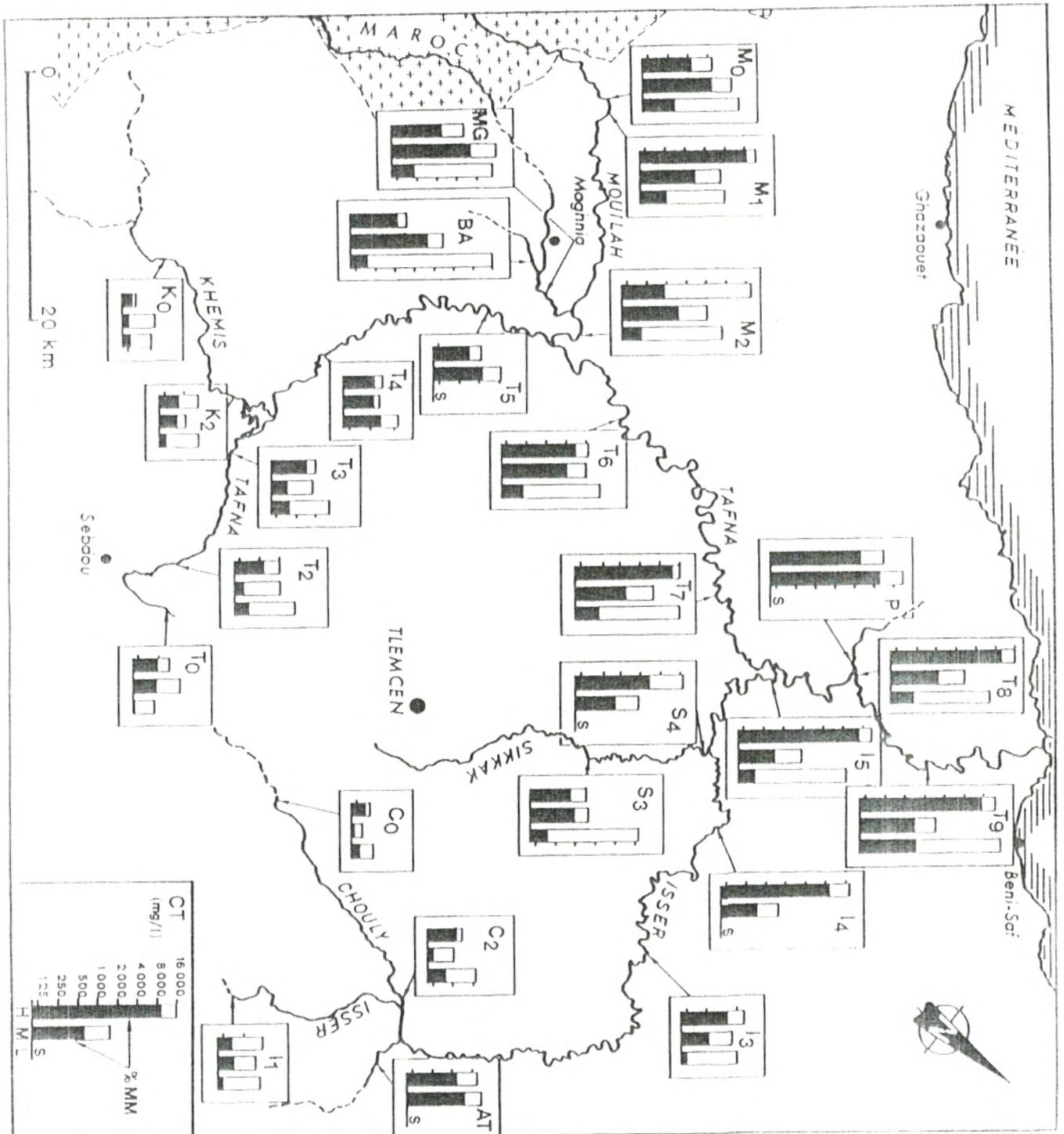


Fig.8 : Représentation de l'évolution de la charge totale des principaux cours d'eau du BV de la Tafna.

2.3.1. L'oued Tafna

■ Pendant les hautes eaux il présente une charge totale 30 fois plus élevée en T_9 (12g/l) qu'en T_0 .

Ces fortes charges en aval sont la conséquence d'un débit élevé qui remet les sédiments déposés en suspension mais aussi d'un courant de plus en plus fort qui les transporte en aval.

Pendant une crue l'oued Tafna peut charrier des charges considérables qui peuvent atteindre 200g/l.

D'après les données de l'ANRH, lors des journées de crues du 19 et 20 Mars 1989, quelques jours avant nos prélèvements, l'Oued Tafna à la station T_8 a charrié en moyenne 55g/l de particules solides avec une pointe, le 19 Mars, de 85g/l.

L'augmentation de la CT à partir de la station T_6 est accentuée par les apports de l'oued Mouilah dont la charge en M_2 est de 10g/l. Celle de la station T_8 est liée aux apports de l'oued Isser dont la CT en I_5 est de 11g/l.

D'autre part les affluents temporaires tels que l'oued Zitoun (rive droite) et l'oued Boukiou (rive gauche) entrés en crue lors des fortes pluies de Mars 1989 contribuent à l'enrichissement de la CT dans l'oued Tafna.

Le régime hydrique des oueds dont l'étiage est long et prononcé et les crues courtes mais violentes, est l'expression du climat méditerranéen.

Ces cours d'eau drainent majoritairement des terrains agricoles et des zones fortement érodables. Pendant l'étiage les sédiments se déposent et dès que la crue est amorcée, ils sont arrachés aux lits et aux rives des cours d'eau, puis transportés en aval.

Pendant les hautes eaux, de l'amont vers l'aval, la charge totale de l'oued Tafna est largement dominée par la matière minérale.

■ Pendant les moyennes eaux, la charge totale est dominée par la matière organique en amont.

A partir de la station T₄, la matière minérale devient prépondérante.

Toutefois, en T₀, source de la Tafna, la CT est plus élevée qu'en T₂ et T₃ avec des teneurs en MM et MO presque égales. Cette station bordée de plusieurs fermes, est souvent utilisée par les riverains à différentes fins, provoquant ainsi une turbulence de l'eau qui remet constamment en suspension les matières déposées.

Pendant les moyennes eaux l'influence des affluents est moins marquée qu'en hautes eaux. Nous notons néanmoins que l'oued Mouilah contribue à l'augmentation de CT à la station T₆ dont la charge est 4 fois plus forte qu'en T₀.

■ A l'étiage, la matière organique (MO) est largement dominante sur la matière minérale (MM). Les stations de la Haute Tafna sont toujours moins chargées que celles de la Basse Tafna.

La station T₂ se distingue par une teneur en MO assez élevée, due probablement aux rejets domestiques et industriels de la ville de Sebdo qui ont un impact plus important en période d'étiage.

La station T₅ est complètement asséchée. Celle-ci a vu son faciès complètement modifié. Les extractions fréquentes de sables sont entreprises par des particuliers de manière très anarchique modifiant ainsi la morphologie du lit. De plus, des retenues d'eau ont été érigées sur le lit de cette station afin de faciliter le pompage de l'eau pour l'irrigation et empêcher l'eau d'atteindre l'aval.

Enfin, la station T₅, très accessible rend ces pratiques courantes et faciles.

La Moyenne Tafna (T₄-T₅), jusqu'au confluent avec l'oued Mouilah, apporte peu d'eau à l'étiage. La Basse Tafna est principalement alimentée par les apports de l'oued Mouilah.

2.3.2. Le bassin de l'Isser

2.3.2.1. L'oued Isser

■ Pendant les hautes eaux, les eaux de l'Isser sont 20 fois plus chargées en aval (I₅ avec 11g/l) qu'en amont (I₁ avec 0,5g/l)

Les apports de l'oued Sikkak se traduisent par une augmentation de la charge à la station I₅.

Durant la crue du 19 et 20 Mars 1989, la charge moyenne charriée par l'Isser en I₅ était de 21,4g/l avec une pointe de 49,7g/l le 19 Mars.

L'oued Isser drainant des terrains agricoles voit les teneurs en MES augmenter rapidement en aval.

■ Pendant les moyennes eaux, les charges varient peu de l'amont vers l'aval mais la MM reste prépondérante sauf à la source de l'Isser (I₁).

■ A l'étiage la CT est faible en I₁ (446mg/l) mais augmente en I₃ (721mg/l) et en I₅ (4443mg/l), celle-ci étant dominée par la MO.

Comme pour la Tafna, ce sont les stations les plus en aval qui sont les plus chargées, mais moins turbides. Ce n'est plus la vitesse du courant qui est responsable de ces fortes charges mais des facteurs biologiques, qui se manifestent par la coloration verdâtre des eaux.

2.3.2.2. L'oued Bou-Hadi

Dans ce cours d'eau pourtant pérenne à l'origine, toute l'eau est dérivée ou pompée dès que les pluies cessent d'où son assèchement précoce dès le début de la belle saison.

La charge totale ne diffère pas beaucoup entre les hautes et moyennes eaux (dominées par la MM); mais signalons tout de même que ces teneurs sont assez élevées même si la turbidité est faible. Ceci est dû à la présence d'un bassin versant agricole facilement érodable.

Sauf au moment des crues, les apports du l'oued Bou-Hadi n'influent pas directement sur les charges de l'Isser.

2.3.2.3. L'oued Chouly

La CT de ses eaux ne présente pas de grandes variations entre les trois épisodes hydrologiques. La charge totale est plus importante en C_2 qu'en C_0 mais dépasse rarement 0,5g/l dans ce cours d'eau.

Le Chouly draine des zones peu érodables en amont et en aval, les terrains cultivés et les diverses activités humaines contribuent à l'élévation de la CT.

Les apports de l'oued Chouly ont une influence sur la charge totale de son cours principal l'oued Isser, en diluant les eaux de ce dernier.

2.3.2.4. L'oued Sikkak

Les deux stations S₃ et S₄ sont situées en aval de l'oued Sikkak d'où les charges élevées mesurées pendant les hautes eaux (0,7g/l et 4,5g/l respectivement) où elles sont associées à une forte turbidité. Les apports du Sikkak sur l'oued Isser sont assez importants, le Sikkak drainant des terrains fortement érodables.

La crue du 19 au 20 Mars a transporté en moyenne 18g/l de particules solides, ce qui n'est pas négligeable.

■ Pendant les moyennes eaux, si La CT diminue, elle reste toutefois importante et la MM continue de dominer à cette période.

■ A l'étiage, seule la station S₃ présente encore de l'eau. Celle-ci est pratiquement stagnante. La CT est très élevée (4,6g/l) et largement dominée par la matière organique (3,9g/l).

Les pompages excessifs le long du cours d'eau (ajoutés à la faible pluviométrie annuelle) font que le Sikkak, dont le débit est assez important, peut être asséché en aval à l'étiage comme c'est le cas en S₄.

2.3.3. L'oued Khémis

La CT augmente de l'amont vers l'aval pendant les hautes et basses eaux mais pas en moyennes eaux où elle est constante.

Toutefois nous ne notons pas de grandes variations de charges entre les trois épisodes hydrologiques et les teneurs sont toujours inférieures à 0,5g/l car l'oued Khémis draine des zones peu érodables.

Néanmoins, comme pour l'oued Tafna, la MM est dominante en hautes eaux alors qu'en basses eaux la MO est prépondérante.

C'est l'augmentation de la vitesse du courant vers l'aval qui contribue à l'élévation relative de la CT.

2.3.4. Le bassin du Mouilah

2.3.4.1. L'oued Mouilah

■ Pendant les hautes eaux, l'oued Mouilah se distingue par une forte charge minérale en M_1 (6g/l), 6 fois plus grande qu'en M_0 . Les deux stations ne sont pourtant distantes que de 200 à 300m. Les matériaux extraits du lit de l'oued en amont de la station M_1 sont concassés sur place provoquant ainsi le dépôt d'une couche épaisse de sédiments. Le courant fort arrache ces sédiments et les charrie vers l'aval.

La crue qui a précédé nos prélèvements n'a pas eu un effet aussi marqué que pour les oueds Tafna et Isser et ce, à cause des précipitations moins fortes sur ce bassin.

Le Mouilah a charrié en moyenne 10g/l de particules solides entre le 19 et 20 Mars 1989. Toutefois cet oued en crue peut transporter des charges plus importantes comme ce fut le cas pour le mois d'Octobre où la charge a atteint un pic de 83g/l (Données ANRH).

Entre les stations M_1 et M_2 , l'oued Mouilah reçoit l'Ouerdefou dont les apports semblent peu influents, au moins pendant cette étude.

■ Pendant les moyennes eaux, la CT ne présente pas de grandes variations entre les différentes stations. Toutefois la CT est élevée (moyenne de 2g/l) et dominée par la MM.

■ A l'étiage, les charges restent élevées (3,5g/l en moyenne) mais avec une prépondérance de la MO.

L'Ouerdeffou avec un apport de 3,5g/l dont 2,8g/l représenté par la MO a un impact plus important à cette période qu'en hautes et moyennes eaux.

L'Oued Mouilah récupère une partie importante de la pollution organique et chimique de l'oued Ouerdeffou, transmettant ainsi cette pollution à la Tafna où l'effet de dilution intervient peu vu la faiblesse du débit du cours d'eau à l'étiage.

2.3.4.2. Les oueds Ouerdeffou et El-Abbès

Quelque soit la période, ces deux oueds présentent des eaux avec des charges toujours élevées.

A l'opposé des résultats observés dans l'ensemble des oueds étudiés, les charges les plus fortes sont obtenues durant la saison d'étiage avec 3,6g/l pour les eaux de la station MG et 16,5g/l pour celles de la station BA. Ceci s'explique par une constante des rejets pour un débit de plus en plus faible.

L'oued El-Abbès est plus chargé que l'Ouerdeffou du fait de sa proximité de l'entreprise SNIC (Société Nationale des Industries Chimiques) et de l'usine de traitement du maïs (rejets d'amidon) dont elle reçoit en permanence les rejets.

La station BA se caractérise par une couleur de l'eau blanc laiteux due aux particules organiques en suspension. Son débit faible favorise le dépôt d'une partie de ces particules sur le lit formant une couche épaisse de plusieurs centimètres.

En cas de pluies, comme ce fut le cas durant notre période d'échantillonnage en hautes eaux, toutes ces matières sont transportées vers l'Ouerdeffou qui lui même va les charrier jusqu'au Mouilah.

2.3.5. L'oued Ed-Diab

La station étudiée est située juste en amont du confluent de l'oued Ed-Diab avec l'oued Tafna (T8).

Dans ce petit cours d'eau, les charges sont très élevées et l'eau toujours claire.

Nous constatons une teneur plus importante en moyennes eaux (11.6 g/l) qu'en hautes eaux (5.6 g/l) dominée essentiellement par la fraction minérale.

A l'étiage, l'oued Ed-Diab est à sec à la station P en raison de son débit faible et de son exposition à des températures élevées qui entraînent une évaporation intense avec dépôts (blanc) de sels.

2.3.6. Conclusion

La CT augmente de l'amont vers l'aval à toutes les saisons et dans pratiquement tous les oueds.

La CT est plus forte en hautes eaux et basses eaux. Elle est variable en moyennes eaux.

Les stations de plaine recevant les eaux des zones agricoles, fortement érodables, sont plus chargées.

Les débits dans les stations les plus en aval sont presque nuls (parfois nuls) à la saison d'étiage.

2.4. Etude des différentes fractions

L'évolution spatio-temporelle des teneurs en différentes fractions minérales et organiques est représentée sous forme d'histogrammes dans la figure 9.

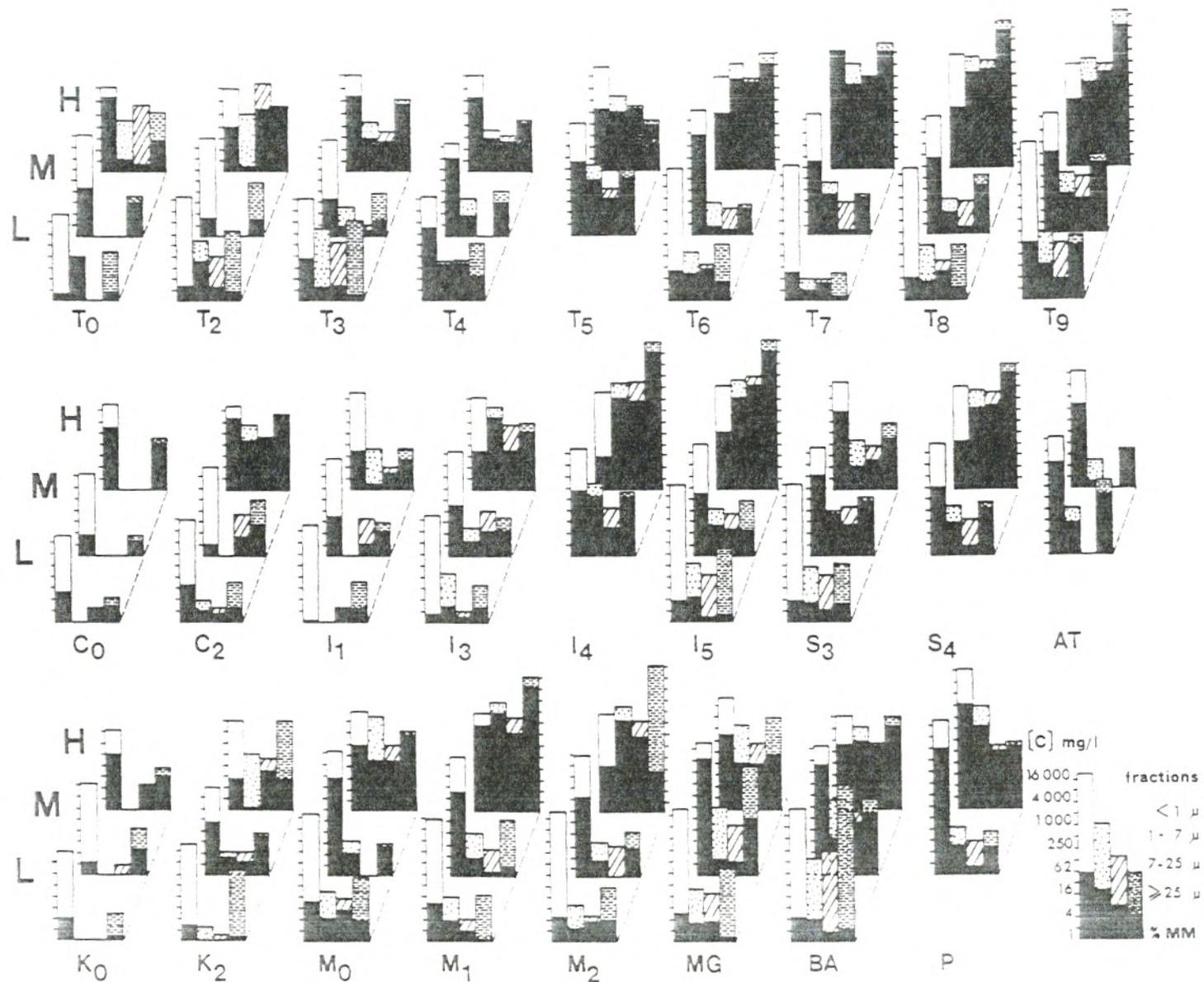


Fig.9 : Représentation de l'évolution spatio-temporelle des teneurs en différentes fractions dans les principaux cours d'eau du BV de la Tafna.

2.4.1. Généralités

■ Pendant les hautes eaux, globalement, la fraction grossière ($>25\mu\text{m}$) domine. La matière minérale est alors bien représentée.

■ A l'étiage, cette fraction grossière diminue dans la majorité des stations et elle est essentiellement de nature organique.

■ La fraction très fine ($<1\mu\text{m}$), aussi bien MTF que OTF, domine dans la plupart des stations de l'amont et à toutes les périodes hydrologiques.

■ En hautes eaux, la fraction MTF est élevée alors qu'à l'étiage OTF diminue.

■ Les fractions entre 1 et $25\mu\text{m}$ sont très fluctuantes, surtout dans les stations amont. Elles ont de ce fait une signification toute relative.

■ La période des moyennes eaux, intermédiaire, montre l'inversion des tendances entre la dominance de la matière minérale grossière dans les hautes eaux et la dominance de la matière organique très fine de l'étiage.

Les différences sont plus significatives en aval qu'en amont, compte tenu de l'emploi d'une échelle logarithmique.

2.4.2. L'oued Tafna

■ Pendant les hautes eaux, toutes les fractions minérales sont représentées avec des distributions assez variées entre les stations sauf pour la fraction grossière MG qui devient largement dominante à partir de la station T_6 ($\sim 1\text{g/l}$) et dont la teneur continue d'augmenter jusqu'en T_9 ($\sim 10\text{g/l}$). La fraction très fine MTF est dominante dans les stations de l'amont T_0 , T_2 , T_3 , T_4 et T_5 dans le piedmont.

L'augmentation de la fraction MG est dûe d'une part à l'accroissement du débit et à la puissance d'érosion qui augmentent le transport des éléments grossiers et d'autre part aux apports des différents affluents principalement l'oued Mouilah et l'Oued Isser.

La baisse de la teneur en MG dans la station T₄ est dûe au barrage de Béni-Bahdel qui retient la matière qui sédimente et ne laisse passer que peu d'eau.

En hautes eaux les stations de la Basse Tafna drainant des zones agricoles, présentent des eaux fortement boueuses caractéristiques d'un transport important de matériaux solides à prédominance minérale.

■ En ce qui concerne les fractions organiques, en période des hautes eaux, l'évolution est moins nette que celle des fractions minérales.

Toutefois nous notons une augmentation de la fraction grossière OG vers l'aval qui atteint une teneur de 878mg/l en T₉.

Cette augmentation est dûe à la force du courant qui arrache la matière organique provenant des rives et / ou du fond, mais plus encore aux apports des affluents et en particulier le Mouilah en amont de T₆ dont la charge dans la fraction grossière est de 6,5g/l. Il s'agit là de particules organiques déposées dans le lit de la rivière et de leur remise en suspension mais surtout des débris des Bactéries filamenteuses (Sphaerotilus sp) arrachés au substrat.

O'HOP et WALLACE (1983) ont fait état des mêmes observations dans leurs travaux.

■ Pendant les moyennes eaux, la fraction MTF domine largement les fractions minérales; de même, la fraction OTF est prépondérante en comparaison avec les autres fractions organiques.

Dans les stations de l'amont T₀, T₂ et T₃, la fraction OTF est dominante mais à partir de la station T₄ la fraction MTF est plus élevée.

Les eaux dans les stations de la Moyenne et Basse Tafna étant minéralisées (conductivité élevée), il semble donc normal qu'elles soient plus chargées en éléments minéraux dissous.

La végétation riche aux alentours de la station T₄ et les pépinières de l'ONTF* (Sidi-Medjahed) peuvent avoir une influence sur la MO d'où l'augmentation relative en T₅.

Nous ferons remarquer qu'en période des moyennes eaux, les apports importants en sels dissous de l'oued Ed-Diab ont un impact faible en raison des différences de débit entre la Tafna et l'affluent ce qui permet la dilution de ces éléments.

Les fractions aussi bien minérales qu'organiques intermédiaires entre les fractions très fines et grossières sont peu ou pas représentées dans les stations de l'amont. Ceci montre que ces eaux sont très peu chargées et que ces fractions sont peu significatives.

■ En période de basses eaux, la fraction OTF est dominante pour la matière organique.

La fraction MTF est la plus importante des fractions minérales mais inférieure à la fraction OTF.

Les stations de la Haute Tafna sont peu chargées en matières minérales et ceux pour les diverses fractions.

* Organisme National des Travaux Forestiers.

Les substrats de ces stations étant caillouteux et la crue et les moyennes eaux ayant nettoyé les fonds, les eaux sont donc peu chargées en matières minérales; la réduction du débit ne permet plus le transport des particules minérales denses ou trop lourdes.

Les apports du Mouilah en T₆ étant faibles, ont peu d'impact sur la Tafna.

La station T₇ se distingue par une chute des teneurs de toutes les fractions exceptée la fraction MTF qui suit un gradient amont-aval croissant. Cette station voit son écoulement réduit du fait des pompages (elle est accessible même aux grands véhicules tels que les camions citernes qui viennent s'y approvisionner). De plus, en raison du débit faible et des températures élevées, des algues filamenteuses recouvrent les cailloux du lit et forment un tapis dense jouant le rôle de piège à sédiments.

En T₈, où l'écoulement est plus important, nous n'observons pas cette formation d'algues filamenteuses et les éléments minéraux particuliers redeviennent importants.

Les apports de l'oued Ed-Diab étant nuls (car à sec) la teneur en MTF diminue en T₈.

En T₉, par contre, la matière minérale augmente dans pratiquement toutes les fractions (5g/l pour la seule fraction MTF). En fait un ruisseau, provenant du village agricole de l'Emir-Abdel-Kader, particulièrement pollué, rejoint la Tafna en amont de T₉. Ce ruisseau collecte les rejets domestiques mais surtout ceux d'une usine d'agro-alimentaire (conserverie).

Il représente un véritable égoût à ciel ouvert et son impact est particulièrement marqué à l'étiage où le débit de la Tafna est très affaibli.

La matière organique en période d'étiage atteint de grandes proportions, particulièrement la fraction OTF. En amont, les teneurs de OTF sont comprises entre 180mg/l et 500mg/l. A partir de la station T₆ la charge en OTF augmente jusqu'à 2,5g/l et atteint la valeur de 8g/l en T₉.

Les charges relativement élevées dans les stations T₂ et T₃ sont principalement dûes aux pollutions de la ville de Sebdoou.

A la station T₃, à la belle saison, se développe du Potamot à la surface de l'eau. A l'étiage, où la température est trop élevée, les Potamots meurent et leur décomposition apporte de la matière organique dans l'oued.

Les stations T₂, T₃ et T₄ riches en végétation riveraine voient leurs eaux s'enrichir en matières organiques grossières. Ceci est probablement dû aux conditions de milieux défavorables (températures élevées, désoxygénation nocturne) qui entraînent une décomposition des plantes.

L'oued Mouilah, par ses apports en OTF (2,6g/l en M₂), contribue largement à l'augmentation de la charge en T₆. Cette matière organique provient essentiellement des rejets urbains et industriels de Maghnia.

La Moyenne Tafna présente un écoulement encore suffisant qui permet d'entraîner la matière en suspension plus en aval.

En T₇ les matières organiques particulières sont piégées par les algues filamenteuses qui se sont développées en un véritable matelas sur les cailloux jouant un rôle de piège à sédiments.

Ce développement d'algues dû à un débit très faible et un ensoleillement important, augmentant la température de l'eau, est caractéristique des rivières qui drainent des zones arides (ESHO et BENSON-EVANS, 1983; BOULTON-LAKE, 1988).

En T₉, la forte concentration de la fraction OTF provient du débit quasiment nul, de la température élevée de l'eau (29°C) et de la multiplication des algues (et autres formes biologiques) auxquels s'ajoutent les rejets organiques du ruisseau en provenance du village Emir-Abdel-Kader. Son impact est d'autant plus important que la Tafna charrie peu d'eau à cette station.

L'eau à la station T₉ à l'étiage, se distingue par une couleur vert foncé caractéristique d'un développement algal intense.

Les stations de l'aval dont les eaux sont fortement minéralisées et riches en matières organiques très fines (Algues, Bactéries, colloïdes) et dissoutes (acides organiques par exemple) sont plus ou moins eutrophisées.

2.4.3. Le bassin de l'Isser

2.4.3.1. L'oued Isser

■ En période des hautes eaux, tout comme la Tafna, l'Isser se caractérise par une dominance de la matière minérale, une prépondérance des matières minérales et organiques très fines (MTF et OTF) en amont et une prépondérance du matériel grossier en aval.

A la station I₁, la dominance des fractions OTF (227mg/l) et MTF (138mg/l) est due à la régularité du débit empêchant le matériel de se déposer à l'étiage.

Les autres fractions en I_1 , sont très faiblement représentées donc peu significatives. Cette station, source de l'Isser, est normalement très peu chargée en matières en suspension.

A la station I_3 , les teneurs des fractions minérales deviennent prépondérantes sur celles des fractions organiques excepté pour la fraction OTF (160mg/l) qui domine encore la fraction MTF (114mg/l).

A partir de la station I_4 , en hautes eaux, la fraction minérale MG avec une charge de 7g/l devient prépondérante et nous notons une augmentation importante des autres classes de tailles.

En I_5 , la fraction MG atteint une teneur de 8g/l représentant 95% de la charge en matières minérales totales (MM).

La fraction OG dépasse les 500mg/l en I_4 et I_5 (566mg/l et 694mg/l respectivement) alors qu'elle n'atteint même pas 10mg/l en I_1 et I_3 (3mg/l et 8mg/l respectivement).

Le courant fort à l'aval, les apports des affluents principalement l'oued Sikkak dont le confluent avec l'Isser est situé en amont de I_5 , contribuent à l'augmentation des charges.

De plus l'oued Isser draine, en aval, des zones agricoles fortement érodables.

Les apports des oueds Chouly et Bou-Hadi semblent peu conséquents en période de hautes eaux.

■ De même que pendant les hautes eaux, lors des moyennes eaux la station I_1 est très faiblement chargée; la fraction OTF domine en I_1 et I_3 alors que la fraction MTF devient prépondérante en I_4 et I_5 .

Peu de variations sont constatées aussi bien pour la matière minérale que pour la matière organique.

Néanmoins, à la station I₄, nous notons une augmentation des charges minérales dans l'ensemble des fractions. Cette station, située dans une zone d'agriculture intensive, facile d'accès est souvent perturbée par les paysans qui viennent y pomper l'eau.

L'augmentation de la charge dans la fraction OG à la station I₅ (649mg/l) peut s'expliquer en partie par les apports du Sikkak (121mg/l), mais ne semble pas évidente.

■ Pendant la saison d'étiage, la fraction organique très fine représente 90% environ de la charge totale (MM et MO). A l'aval, en I₅, la teneur dans la fraction OTF (3,5g/l) est 10 fois plus importante qu'en amont en I₁. L'oued Sikkak n'ayant plus d'apports vers l'Oued Isser (car à sec en aval), cette forte augmentation peut être due à différents facteurs :

* le débit nul et la température élevée de l'eau favorisent le développement de la matière organique et en particulier fine constituée d'Algues et de Bactéries ce qui expliquerait la couleur de l'eau qui s'apparente à celle d'une purée de pois.

* l'augmentation de la pollution due à l'influence de l'agriculture dans ce sous-bassin par l'utilisation d'engrais sur les cultures (PROBST, 1983), engrais entraînés vers l'oued par l'irrigation.

La matière minérale, quant à elle, est faiblement représentée comparativement à la matière organique. Elle est dominée par la fraction MTF qui reste inférieure à 1g/l.

Toutefois, les autres classes de tailles sont aussi présentes en particulier la fraction MF en aval.

Dans les stations I₁ et I₃, le débit de l'eau est faible à l'étiage mais il n'y a pas d'assèchement.

A la station I₅, l'écoulement est pratiquement nul. Cet arrêt de l'écoulement de l'eau est artificiel et dû en premier lieu aux pompages. L'alimentation en eau de la station I₅ provient en partie du sous-écoulement.

2.4.3.2. L'oued Chouly

L'oued Chouly montre des charges généralement peu élevées comparativement aux oueds Tafna et Isser.

■ Pendant les hautes eaux, la fraction MTF est dominante mais les teneurs sont inférieures à 150mg/l. A la station C₀, seules les fractions MTF et MG sont représentées. A la station C₂, nous notons une augmentation relative des charges pour les différentes fractions. La fraction MG dépasse de 55mg/l celle de la fraction MTF.

Toutefois, si en C₂ les teneurs sont plus fortes qu'en C₀, elles restent faibles comparativement aux stations des autres oueds étudiés (excepté l'oued Khémis).

Malgré les cultures céréalières et arboricoles ainsi que les élevages (mouton, poulet), le Chouly reste un cours d'eau peu chargé et se ressent assez peu des impacts humains.

La matière organique représentée presque exclusivement par la fraction OTF est insignifiante (< à 60mg/l).

L'oued Chouly grâce à un débit régulier assuré par plusieurs sources dans les Monts de Tlemcen, voit les dépôts des sédiments dans le lit de l'oued réduits.

■ Pendant les moyennes eaux, la matière organique devient prépondérante avec une représentation de plus de 90% par la fraction OTF. Les charges restent toutefois basses (200mg/l).

Alors qu'en C_0 , la matière organique particulaire est inexistante, en C_2 , au contraire, elle est présente mais à des teneurs tellement faibles (7mg/l pour la fraction OI et 14mg/l pour la fraction OG) qu'une interprétation serait hasardeuse.

La matière minérale est dominée en C_0 par la fraction MTF (98%) avec une charge de 30mg/l.

Les autres classes de tailles ne sont pas représentées.

En C_2 , en période de moyennes eaux, la présence pourtant faible de la fraction MG (14mg/l) serait probablement due à la destabilisation du lit par les troupeaux et tracteurs qui seraient la cause d'un entraînement des particules dès que le débit augmente.

■ A l'étiage, l'oued Chouly présente des charges organiques plus élevées que pour les deux autres épisodes hydrologiques mais la fraction OTF est toujours prépondérante malgré des teneurs inférieures à 500mg/l.

Toutefois en C_2 nous notons la présence de la fraction OG. La différence des charges entre les stations C_0 et C_2 à l'étiage, provient de la situation de C_2 . Celle-ci est surplombée de cultures céréalières qui nécessitent l'utilisation d'engrais azotés. De plus, en aval sont installés des poulaillers industriels qui sont nettoyés au jet et dont les déchets coulent en partie dans la rivière.

La fraction minérale très fine domine la matière minérale (MM) mais présente une teneur faible aussi bien en C_0 (68mg/l) qu'en C_2 (189mg/l).



La station S₃ présente une teneur en MG de 33mg/l dûe probablement à des perturbations locales (abreuvoir).

Les autres fractions, bien que présentes, ont des valeurs faibles, inférieures à 15mg/l.

La matière organique en moyennes eaux est dominée par la fraction OTF (90% de la MO totale) mais avec des teneurs ne dépassant pas 400mg/l.

■ A l'étiage, la station S₄ est à sec et la station S₃ dont l'eau est pratiquement stagnante, se distingue par une charge importante en matière organique (4g/l) dominée essentiellement par la fraction OTF (3,7g/l).

En raison de la réduction du débit et de la température élevée, nous assistons à une eutrophisation du milieu qui se traduit par un développement biologique intense (algues).

A cette saison, la fraction minérale très fine est mieux représentée qu'en moyennes eaux (673mg/l et 536mg/l respectivement). Dans ce cas, la matière dissoute (corps minéraux dissous représentés par des sels en partie dissociés en ions) dûe à une forte minéralisation du milieu en est responsable.

2.4.3.4. L'Oued Bou-Hadi

■ En hautes eaux, la fraction MTF (800mg/l) représente 98% de la MM totale. Quant à la matière organique (plus faible que la matière minérale), elle est dominée par la fraction OTF (400mg/l).

Les autres classes de tailles, minérales et organiques, présentent des teneurs basses ou sont inexistantes.

L'oued Bou-Hadi est un petit cours d'eau où les crues sont violentes mais courtes, ce qui ne nous a pas permis de faire un échantillonnage représentatif. Ceci est d'ailleurs vérifié pour les résultats des moyennes eaux où nous n'observons pas de grandes variations par rapport aux hautes eaux.

■ Pendant les moyennes eaux la matière minérale est dominante et la fraction MTF prépondérante (charge d'environ 1g/l).

Nous notons une augmentation de la fraction MG par rapport aux hautes eaux (72mg/l et 10mg/l respectivement); ceci peut être dû à une perturbation passagère. Toutefois, ce fait nous suggère que l'oued Bou-Hadi (qui draine des zones agricoles érodables) peut contribuer à l'augmentation en matériaux grossiers de l'Isser par ses apports si le courant est plus fort.

La matière organique présente des teneurs peu significatives et la fraction OTF, dominante, a une valeur de 265mg/l.

A l'étiage, l'oued Bou-Hadi est à sec.

2.4.4. L'oued Khémis

Ce cours d'eau, comme l'oued Chouly, est peu chargé et les fractions minérales et organiques très fines sont mieux représentées que les autres fractions.

■ Aux hautes eaux, la fraction MTF représente 88% de la matière minérale totale en K_0 (115mg/l) et sa charge est le double de la fraction OTF. Les autres fractions, qu'elles soient minérales ou organiques, sont peu ou pas du tout représentées.

A la station K_2 , la fraction MG atteint une valeur de 92mg/l soit 46% de la MM totale et la fraction OG une valeur de 167mg/l égale à la teneur de la fraction OTF.

La station K₂ se situe en aval du village Khémis, dans une zone de culture rendant l'érosion plus facile. De plus, l'augmentation de la fraction organique grossière est probablement due aux apports allochtones et plus précisément aux feuilles mortes tombées dans le cours d'eau (donc qui se décomposent) mais aussi à la végétation aquatique (des rives) abondante qui est entraînée au moment des crues.

■ Pendant les moyennes eaux les fractions intermédiaires entre les fractions très fine et grossières sont presque inexistante.

En K₀, la fraction OTF est largement dominante (246mg/l) et représente environ 77% de la CT (MM et MO comprises).

La station K₂ la fraction MTF (138mg/l) est légèrement plus importante que la fraction OTF. Mais ces variations ont peu d'intérêt comparées à celles des autres stations (excepté l'Oued Chouly).

■ A la saison d'étiage, la matière organique est prépondérante mais les charges ne présentent pas une grande évolution par rapport aux deux autres épisodes hydrologiques.

Dans la matière minérale, seule la fraction MTF est représentée mais avec des teneurs faibles (63mg/l en K₀ et 67mg/l en K₂).

La fraction OTF, avec des charges de 191mg/l en K₀ et 328mg/l en K₂, est dominante.

Toutefois, la station K₂ se distingue par une teneur de 71mg/l dans la fraction OG, relativement élevée en comparaison des autres résultats aux deux périodes sus-cités.

Dans la partie aval de l'oued Khémis, la végétation bordante ainsi que les Macrophytes aquatiques connaissent un développement remarquable à l'étiage et par leur décomposition favorisent la formation de matière organique grossière.

2.4.5. Le bassin du Mouilah

2.4.5.1. L'oued Mouilah

■ Pendant les hautes eaux, l'oued Mouilah à la station M_1 , se distingue par une charge importante en matières minérales représentées essentiellement par la fraction MG dont la teneur est de 4g/l. C'est la gravière qui est responsable de cette augmentation excessive des matériaux grossiers en aval de l'exploitation. Les éléments sédimentés pendant l'extraction et le traitement des granulats sont remis en suspension grâce au débit fort et transportés plus loin en aval (CUINAT, 1977). Toutefois, le courant n'est pas assez puissant pour charrier les matériaux denses sur une longue distance; une partie sera donc déposée avant d'arriver à la station M_2 ce qui diminue la charge grossière dans celle-ci (2,5g/l en M_2).

Rappelons tout de même que le bassin du Mouilah a moins subi l'influence des précipitations au cours de la dernière période de crue (du mois de Mars 1989).

Les autres fractions ont le même comportement que la fraction MG.

Les apports de l'Ouerdeffou ne semblent pas influencer sur la charge totale ni sur aucune des fractions minérales.

Quant à la matière organique elle augmente brutalement de la station M_0 à la station M_2 avec des variations de 0,4g/l à 6,7g/l (soit de 1 à 20).

A partir de la station M_1 c'est la fraction OG qui est dominante avec une assez bonne représentation des autres fractions.

En M_0 , les fractions OF et OTF dominent la matière organique totale.

Les teneurs élevées en matières organiques grossières sont dues à la remise en suspension par un courant fort des particules déposées à l'étiage et à l'abrasion de la couverture végétale.

A la station M_2 , la forte teneur en matière organique grossière provient aussi de l'abrasion de la couche de Sphaerotilus sp qui couvre l'oued de puis son confluent avec l'Ouerdeffou.

■ Pendant les moyennes eaux, l'oued Mouilah présente des teneurs en matières minérales totales souvent supérieures à 1g/l dominées essentiellement par la fraction MTF (90% de la MM).

La matière organique, moins bien représentée que la matière minérale, est dominée par la fraction OTF.

■ A l'étiage, les matières en suspension et dissoutes sont dominées par la fraction OTF dont les teneurs sont supérieures à 1,3g/l.

En M_2 , la charge dans cette fraction est de 2,6g/l et correspond à celle de l'oued Ouerdeffou.

Le Mouilah, à l'étiage, voit son débit diminuer; en M_2 l'eau est polluée par les apports de l'Ouerdeffou. La couleur grisâtre de l'eau et son odeur forte sont significatives de fermentations et réductions diverses et d'une eutrophisation marquée de ce milieu.

La matière minérale, essentiellement représentée par la fraction MTF n'atteint pas des valeurs aussi élevées que la matière organique et nous constatons que l'effet de la gravière n'apparaît plus du fait de la faiblesse du débit.

2.4.5.2. Les oueds Ouerdeffou et El-Abbès

■ Aux hautes eaux, les stations MG et BA présentent des valeurs moyennes comparativement à celles des stations de plaine des autres cours d'eau mais légèrement supérieures à celles des stations de piedmont (T_5 , T_6) qui sont à la même altitude.

Dans la station MG, la fraction MTF domine et constitue 63% de la MM totale. Mais les autres fractions minérales sont aussi représentées.

En BA, la différence avec la station MG consiste dans la distribution des différentes fractions. Dans cette station la fraction minérale grossière domine et représente 36% de la MM totale; elle est suivie de la fraction MTF (28% de MM) et de la fraction MI (13% de MM).

La matière organique pendant les hautes eaux est faiblement représentée par rapport à la matière minérale mais est dominée par la fraction OTF.

Les fortes pluies qui ont précédées nos prélèvements ont permis une augmentation du débit qui a dilué ces milieux faisant en sorte que les charges ne soient pas trop élevées.

■ En période de moyennes eaux les teneurs en matières minérales et organiques augmentent, car le débit a baissé d'où la puissance des oueds a diminué. Ceci a permis une concentration plus importante des MES.

A la station MG, la fraction MTF présente une teneur de 2,6g/l et la fraction MG de 0,4g/l; les fractions OTF et OG ont des valeurs respectivement égales à 360mg/l et 342mg/l.

A la station BA, la fraction MTF est prépondérante et représente plus de 90% de la MM totale avec une teneur de 2,3g/l supérieure à celle de la station MG. Ceci est lié à sa proximité des usines.

la matière organique, en moyennes eaux, à la station BA est dominée par la fraction OTF (366mg/l) mais les autres fractions, au contraire de la station MG, y sont aussi assez bien représentées. Il s'agit essentiellement des rejets de l'industrie du maïs (amidon).

■ En période d'étiage, la MO est largement dominante dans les deux oueds et nous constatons qu'en plus de la fraction OTF, la fraction OG est bien représentée et même dominante dans la station BA.

Les eaux des deux stations sont moins chargées en matières minérales.

A la station MG, la fraction MTF domine (671mg/l) et constitue 86% de la MM totale.

La station BA se distingue, quant à elle, par des charges élevées en matières minérales particulières et plus particulièrement la fraction MG qui représente 52,6% de la MM totale.

Vu le débit faible à l'étiage, l'oued El-Abbès n'influe presque pas sur l'Ouerdeffou.

La station BA présente une teneur de 14,34g/l en matière organique totale. Celle-ci est répartie entre toutes les fractions :

OG = 11,4g/l; OTF = 2,5g/l; OI = 276mg/l; OF = 167mg/l.

La fraction organique grossière est largement dominante.

La couleur blanc laiteux de l'eau de l'oued El-Abbès est caractéristique de ce milieu qui reçoit les rejets d'amidon.

Nous ferons remarquer que les oueds Ouerdeffou et El-Abbès, à régime méditerranéen, ont un débit à l'étiage assuré par les rejets urbains et industriels pour l'Ouerdeffou et industriels pour El-Abbès.

Ces deux oueds montrent une évolution des matières en suspension et dissoutes tout à fait particulière par rapport aux autres oueds étudiés et ceci du fait des perturbations marquées dont ils font l'objet.

2.4.6. L'oued Ed-Diab

En hautes eaux, la station P se caractérise par une teneur en MTF (3,5g/l) élevée et une représentation dans les autres classes de taille inférieure à 100mg/l.

La charge organique est dominée par la fraction OTF (1,2g/l).

■ Aux moyennes eaux, les teneurs des fractions très fines et dissoutes continuent à s'élever et à dominer la charge totale (MTF=9,5g/l et OTF=2g/l). Les autres fractions avec des teneurs faibles sont peu significatives.

L'oued Ed-Diab draine des terrains salifères ce qui confère à ses eaux une salinité élevée. Les matières très fines sont majoritairement représentées par les sels dissous. Ceci explique l'augmentation de la fraction MTF en moyennes eaux due à une diminution du débit donc une concentration des sels.

L'augmentation de la matière organique est remarquable dans les périodes des moyennes eaux et il semble qu'elle soit corrélée à celle des OTF.

2.4.7. Conclusion

- Pendant les hautes eaux, les teneurs en matières minérales sont plus élevées que celles en matières organiques. La matière en suspension minérale grossière domine la distribution en hautes eaux d'où la forte turbidité de l'eau et son aspect boueux.

- A l'étiage la MO devient prédominante sur la MM et les eaux prennent une teinte verdâtre (développement algal) ou grisâtre (pollution organique par exemple en MG et T₆).

- Les moyennes eaux représentent une étape intermédiaire où les teneurs en MM sont plus faibles qu'en hautes eaux alors que celles en MO sont plus élevées.

- Les stations des Monts de Tlemcen (T₀, T₂, T₃, K₀, K₂, C₀ et I₁) présentent peu de fluctuations pour les matières minérales et organiques pendant les trois épisodes hydrologiques et leurs eaux sont généralement claires. Dans ce cas les oueds drainent des bassins versants peu érodables et ils ont été nettoyés pendant les crues.

- A l'étiage et aux moyennes eaux, la matière très fine et dissoute domine, représentant souvent plus de 80% de la charge totale et les eaux restent le plus souvent claires.

- Parmi les oueds étudiés, le Khémis et le Chouly sont les deux cours d'eau les moins riches en MES pour l'ensemble de leurs cours et l'Oued Tafna du fait de la largeur de son cours est le plus chargé.

■ Le débit semble être le facteur le plus déterminant concernant la différence de nature des MES entre les stations de plaine et celles d'altitude.

SEDELL et al (1978) et MEYER et al (1981) ont montré que la distribution des fractions minérales sont liées au débit, mais aussi à la situation des stations et aux conditions locales (EISMA et al, 1982).

De plus, la majorité des paramètres conditionnant la qualité de l'eau (dont les MES) dépendent des fluctuations saisonnières et du climat (O'HOPE et WALLACE, 1983); ils sont associés à l'écoulement de surface d'une part et à l'eutrophisation d'autre part (WRIGHT, 1982).

CHAPITRE 5

ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats comprenant les paramètres suivants :

température, conductivité, salinité, MM, MO et les différentes fractions minérales et organiques, ont été regroupés pour effectuer des analyses d'ensembles comprenant :

- une recherche des corrélations linéaires entre les composantes physico-chimiques et les matières en suspension et dissoutes,

- une analyse factorielle des correspondances,

- une analyse en composantes principales,

- et une classification hiérarchique.

Pour cela nous avons utilisé les codes suivants :

- En hautes eaux, le nom de la station est accompagné de la lettre H; exemple :

T_0 = nom de la station soit $T_0 H$

- En moyennes eaux, la lettre M accompagne le nom de la station;

exemple $T_0 M$

- En basses eaux, la lettre L suit le nom de la station;

exemple $T_0 L$, pour l'étiage de l'année 1989.

Pour celui de l'année 1988, la lettre qui accompagne le nom de la station est X; exemple : $T_0 X$.

1. La recherche des corrélations linéaires :

1.1. Identification de la fraction MTF :

Un calcul des corrélations montre que les teneurs en NaCl et la conductivité (fig. 10b) sont très fortement et très naturellement corrélées d'une part, et d'autre part, que les teneurs en NaCl et les concentrations en MTF sont bien corrélées (fig. 10a).

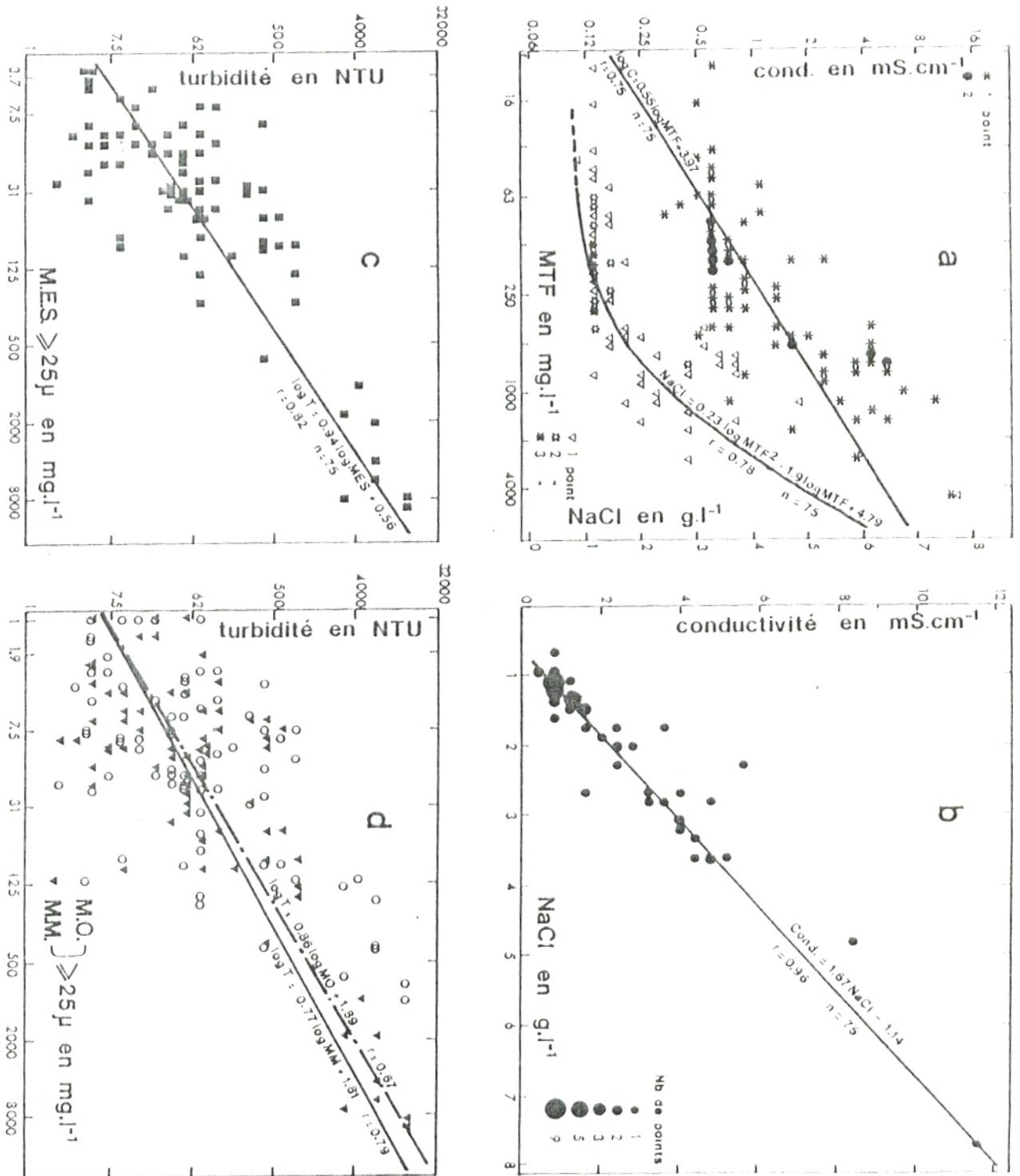


Fig.10: Régressions entre la conductivité, la turbidité et différentes fractions.

Ceci permet de penser que la majorité de la fraction MTF est représentée par les sels en solution. Leur augmentation à l'étiage se traduit par l'augmentation de la conductivité.

A contrario, s'il s'agissait d'argiles, la turbidité augmenterait fortement à l'étiage, ce qui n'est pas observé.

La présence des argiles, pendant les hautes eaux, masque légèrement la corrélation.

1.2. Relation turbidité - fraction grossière

Les matières minérales $\geq 25\mu\text{m}$ sont bien corrélées avec la turbidité (fig. 14c). L'augmentation de la turbidité avec l'accroissement en MM a été observé par d'autres auteurs tels que DECAMPS et al. (1976) sur le lot en France.

La $M0 \geq 25\mu\text{m}$ est moins directement liée à la turbidité (fig. 14d). cependant il est délicat d'établir des relations tendances en MES - Turbidité (KUNKLE et COMER, 1971; TRUHLAR, 1976) en raison de l'influence de la taille des particules (ALLEN, 1979).

2. Analyse factorielle des correspondances : AFC

Les paramètres que nous avons introduits dans L'AFC sont : $T^{\circ}\text{air}$; $T^{\circ}\text{eau}$; pH; conductivité (C); salinité (S); turbidité (T); MM; MF; OF; MI; OI; MG; OG.

Ils sont représentés par ces symboles sur le graphique.

Une première analyse nous a permis d'éliminer les stations dont le poids rendait la lecture du graphique impossible.

Ces stations présentent parfois des valeurs très élevées pour certains paramètres telle que la station BA (MO élevée, conductivité élevée, car la station est polluée), la station P (très riche en sels) et la station T₅ (perturbée localement).

Nous avons dû aussi retirer la station T₄, en hautes eaux, dont "les paramètres présentaient des valeurs aberrantes".

Dans une deuxième analyse :

- L'axe 1 représente 54,8% de l'inertie du nuage.
- L'axe 2 représente 19,6% de l'inertie du nuage.
- L'axe 3 représente 9,9% de l'inertie du nuage.

Ces trois axes à eux seuls, regroupent plus de 87 % de l'information.

2.1. Interprétation des graphiques (fig. 11 et 12).

L'axe 1 matérialise la matière en suspension grossière. Celle-ci est d'autant plus importante que la vitesse du courant est forte. Nous avons, par l'étude des corrélations linéaires, montré nettement que l'augmentation de la matière minérale et organique grossière provoque un accroissement de la turbidité.

Les stations les plus turbides donc les plus chargées en MES (T₈, T₉, I₄, T₅, et S₄), s'individualisent dans la partie positive de l'axe.

L'axe 2 correspond à un gradient croissant en matières organiques et minérales et organiques. Les groupes de stations s'individualisent, par rapport à cet axe, en fonction de la nature des MES (fig. 11).

Dans la zone négative de l'axe 2, se regroupent les stations riches en matières organiques. Elles sont représentées essentiellement par les stations de plaines en basses eaux ($T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}$), avec en plus un autre sous-groupe bien individualisé, celui des stations de haute altitude, $K_0, T_0, T_2, K_0, L_0, I_1$ par exemple, pour les trois épisodes hydrologiques.

L'axe 3 correspond à un gradient MTF-OTF, soit à la nature de la matière très fine, minérale en hautes eaux et organique en basses eaux (fig. 12a).

Globalement, les stations en période de moyennes eaux et dont les eaux présentent une teneur élevée en MTF, sont regroupées sur la partie négative de l'axe (fig. 12b).

Nous rappelons que l'étude des corrélations linéaires a montré que la majorité de la fraction MTF est représentée par les sels en solution.

A l'étiage, en plaine, les oueds présentent des teneurs élevées en matière OTF. Les stations concernées s'individualisent nettement dans la zone positive de l'axe.

Dans toutes les représentations graphiques, les stations d'altitude sont toujours bien individualisées et cet ensemble regroupe les trois épisodes hydrologiques.

3. Analyse en composantes principales : ACP

Une ACP réalisée sur les données privées de valeurs extrêmes a permis de préciser les résultats de l'AFC.

Pour les oueds Tafna, Khémis, Chouly, et Ouerdeffou sont ajoutés les bilans de l'étiage 1988.

Cette analyse a permis d'ordonner les données selon trois axes qui regroupent plus de 80% de l'information :

Facteur (1) F_1 : 46%

Facteur (2) F_2 : 30,5%

Facteur (3) F_3 : 8%

L'inertie représentée par les facteurs 4 et 5 étant trop faible, ceux-ci ne sont pas pris en considération.

L'identification de ces axes a été facilitée par l'étude des corrélations paramètre - axes (fig. 14).

Les fractions organiques et minérales grossières sont bien corrélées avec l'axe 1 (fig. 14a) qui est lui-même bien corrélé avec la turbidité (fig. 14b).

L'axe 2 est très fortement lié à la MO et surtout la fraction OTF (fig. 14c) ainsi qu'à la conductivité (fig. 14d).

Sur la figure 13, l'axe 1 matérialise le courant et le débit. Il isole les stations aval au moment des hautes eaux et montre l'influence des crues sur les teneurs en élément grossiers ce qui se traduit par une augmentation de la turbidité.

L'axe 2 matérialise un gradient d'eutrophisation qui isole les stations aval pendant l'étiage en raison de la forte augmentation de la minéralisation et des teneurs en MO surtout très fines et dissoutes.

A l'opposé de ces deux tendances (eutrophisation et influence des crues), se situent les stations amont (Khémis, Chouly, Haute Tafna) qui sont moins affectées par les crues, en raison de leurs bassins versants réduits, aux sols peu érodables, et des fonds de rivières formés de blocs.

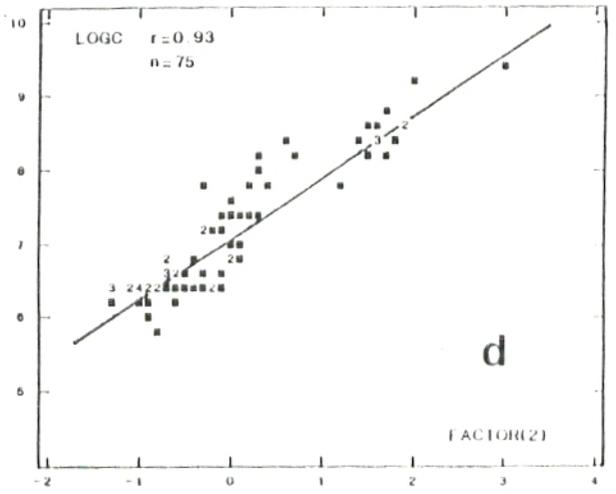
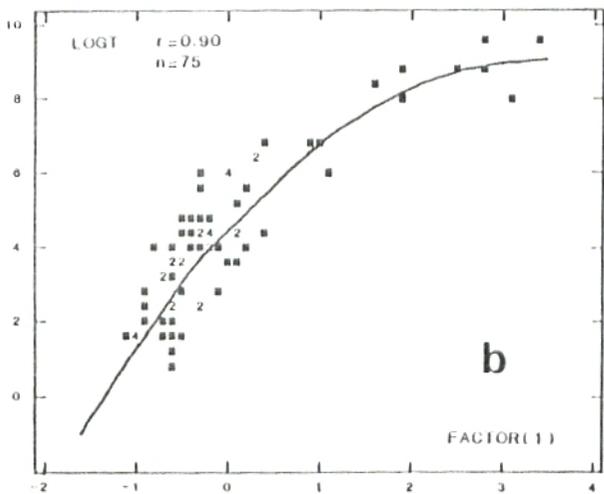
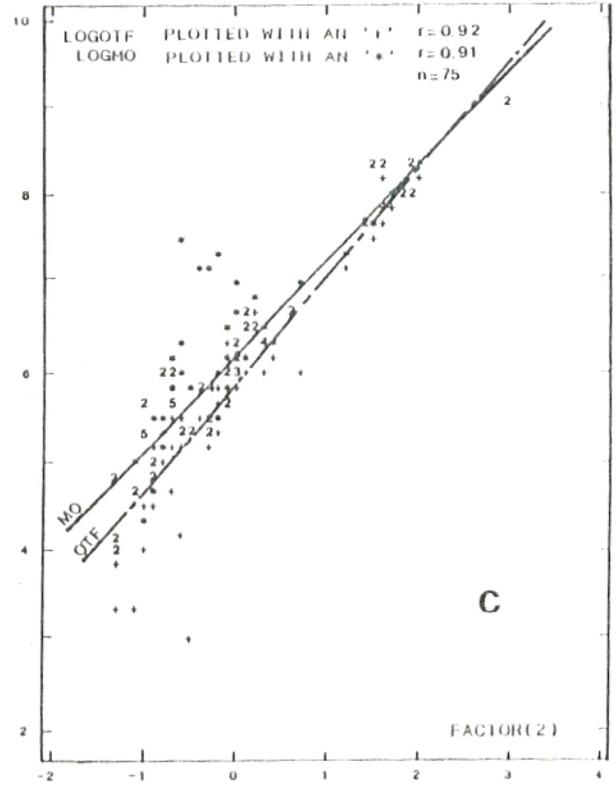
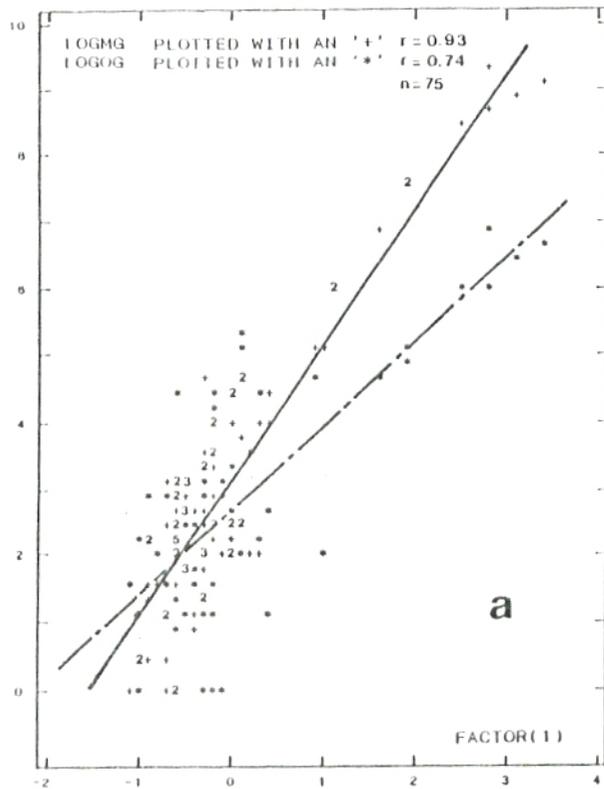


Fig.I4: Identifications des axes I et 2 de l'ACP par étude des corrélations axes-paramètres.

Les stations sont également assez stables du point de vue température et minéralisation. Elles sont peu eutrophisées.

En position intermédiaire, se situent les stations aval pendant les moyennes eaux et les stations de la région de Maghnia

L'axe 3 est un axe amont-aval basé sur l'évolution de la température et de la salinité mais leurs corrélations sont masquées par les variations saisonnières qui ne sont pas parallèles.

4. Classification hiérarchique et agrégation autour des centres mobiles :

La classification hiérarchique permet le classement des stations suivant leurs affinités (fig. 15).

Elle a été établie sur les facteurs 1, 2 et 3 de l'ACP afin d'éviter d'avoir des variables corrélées entre elles.

L'agrégation autour des centres mobiles permet de caractériser chacun des groupements individualisés par une étude statistique des différents paramètres (fig. 16).

4.1. Commentaires :

La représentation graphique fait ressortir quatre groupes composés chacun d'un certain nombre de prélèvements :

- groupe 1 : 8
- groupe 2 : 30
- groupe 3 : 22
- groupe 4 : 15

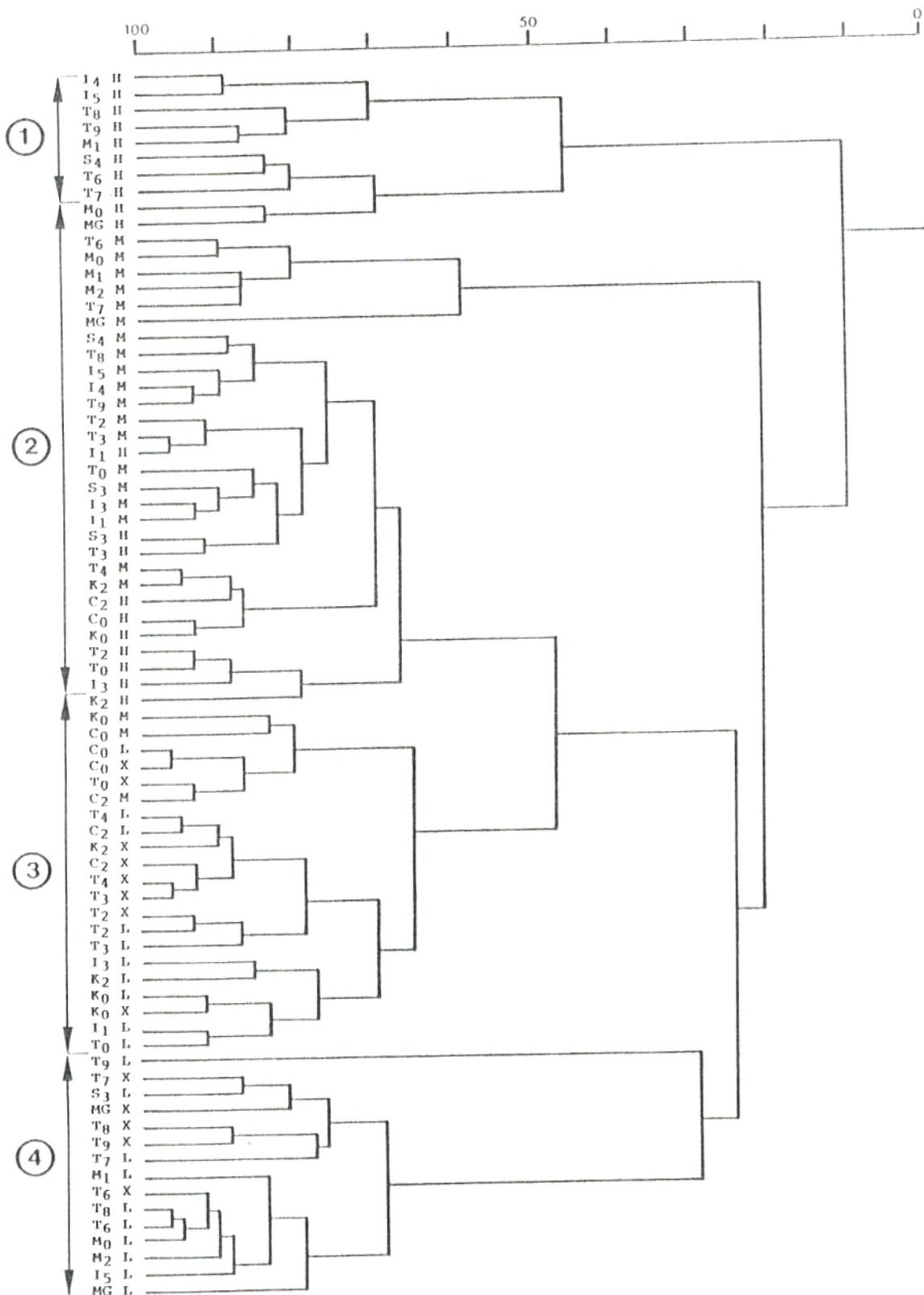


Fig.15 : Dendrogramme des prélèvements obtenu par la classification hiérarchique des données d'après les 3 facteurs de l'ACP.

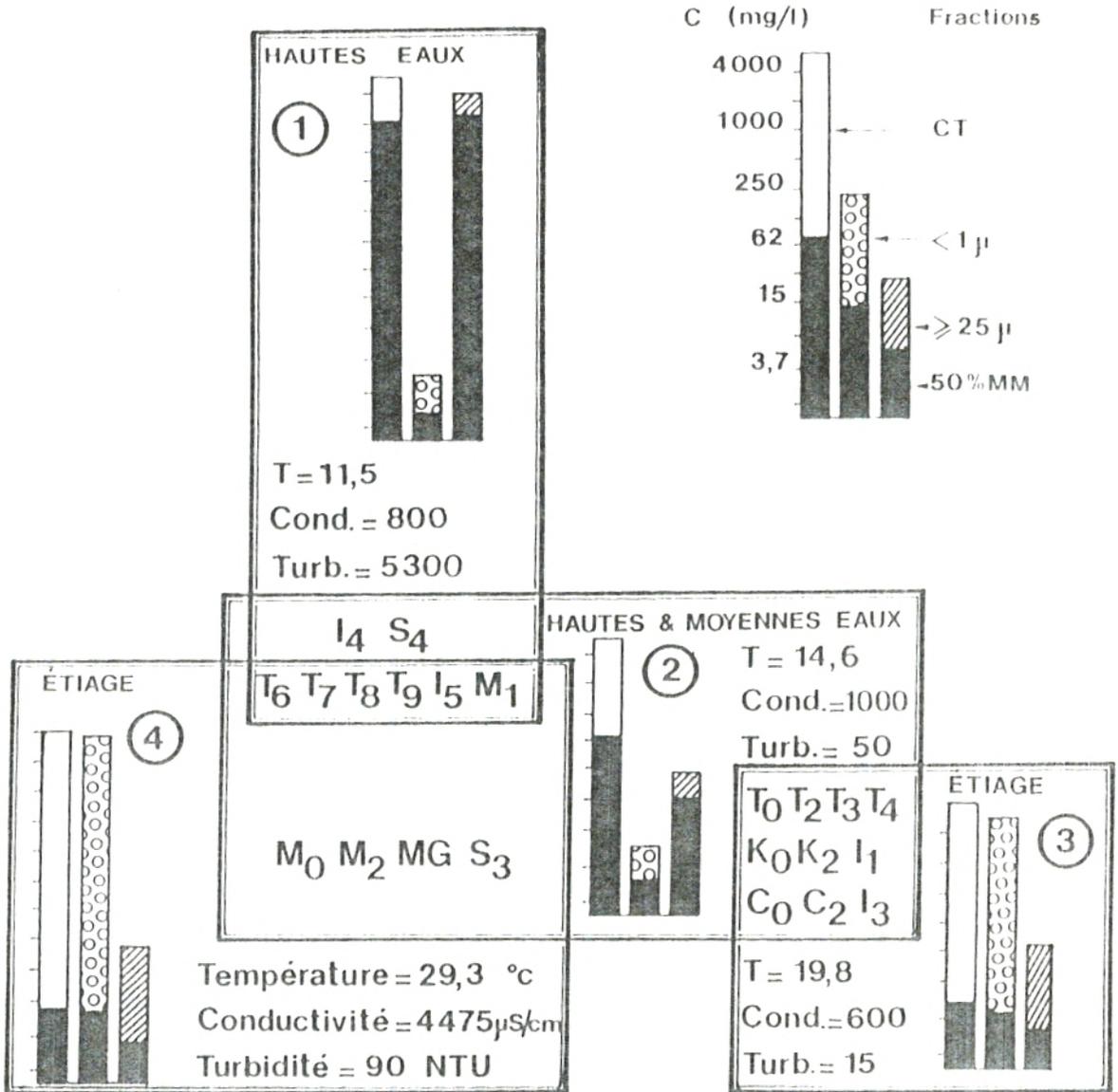
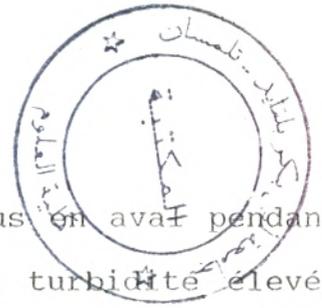


Fig.16 : Caractéristiques des groupes obtenus par agrégation autour des autres mobiles.



* Le groupe 1 :

Il est représenté par les stations les plus en aval pendant les hautes eaux. Elles se caractérisent par une turbidité élevée consécutive à l'importance de la fraction minérale (valeur moyenne = 5,45 g/l), représentée surtout par les particules grossières (valeur moyenne = 3,75g/l); les températures moyennes sont faibles.

La conductivité (moyenne de 200 μ S/cm) est moyenne en raison de la dilution.

La matière organique est dominée par la fraction $>25 \mu$ m.

* Le groupe 2 :

Il rassemble les stations intermédiaires des moyennes eaux et pour les stations amont les hautes et moyennes eaux.

Les caractéristiques du groupe sont moyennes.

La température et la conductivité sont peu supérieures à celles du premier groupe. Les eaux sont peu turbides et les charges faibles pour toutes les fractions.

Les caractéristiques de ce groupe sont dominées par celles des stations aval; les stations amont, même en crue présentent des variations peu marquées.

Les crues ont un effet de nettoyage qui se traduit par des fortes teneurs dans les eaux ruisselant sur les sols après un long étiage et des eaux presque limpides dès que le débit se retrouve à un niveau normal.

Le léger réchauffement des eaux et l'augmentation de la minéralisation sont aussi à mettre sur le compte de la baisse du débit.

* Le groupe 3 :

Ce sont les stations de l'amont pendant l'étiage. La fraction organique $< 1 \mu\text{m}$ est dominante. La turbidité est faible. La conductivité moyenne n'atteint que $600 \mu\text{S/cm}$ ce qui représente une valeur faible pour les oueds d'Afrique du Nord.

La température moyenne est relativement élevée ($19,8^\circ\text{C}$ en moyenne) mais normale compte tenu de l'ensoleillement des stations, du faible débit des sources et de la température moyenne de leurs eaux en été (17°C).

* Le groupe 4 :

Il correspond aux stations aval à l'étiage. Elle se distingue par une température élevée (une moyenne de $29,3^\circ\text{C}$), une conductivité importante (une moyenne de $4500 \mu\text{S/cm}$) une turbidité moyenne et une forte teneur en MO représentée essentiellement par la fraction très fine.

4.2. Comparaison.

Les paramètres responsables des regroupements de stations sont en même temps qualitatifs et quantitatifs :

■ **qualitatifs** : ils correspondent aux épisodes hydrologiques et à la nature des éléments transportés.

■ **quantitatifs** : ils correspondent à la physico-chimie de l'eau et aux charges en matières en suspension et dissoutes.

Les prélèvements du groupe 1 se distinguent en haute eaux par des turbidités élevées dues à une forte charge des matières minérales grossières. Les facteurs responsables sont le courant fort en aval et les apports des affluents.

La charge de la station M_1 est toutefois due à l'entreprise d'exploitation de granulats.

Ces mêmes stations auxquelles s'ajoutent celle du Mouilah et l'Ouerdeffou se regroupent à l'étiage dans le groupe 4.

La turbidité moins élevée que dans le groupe 1 reste supérieure à celles des groupes 3 et 4.

Il semble donc qu'une fraction de la matière organique, dominante influe sur la turbidité.

La forte minéralisation est due à une température élevée, un débit très faible, et une concentration en sels dissous.

Ces stations se caractérisent aussi par une pollution notable. (C'est le cas de l'oued Mouilah que rejoint l'Ouerdeffou).

Le Mouilah véhicule cette pollution organique et chimique vers l'oued Tafna en amont de la station T_6 , ce qui explique son appartenance au groupe 4.

La station T_9 , quand à elle, voit sa pollution accentuée par les rejets très organiques du village de l'Emir Abdelkader.

En somme, les stations des groupes 1 et 4 sont particulièrement sensibles aux variations saisonnières et plus précisément les périodes de hautes et basses eaux.

Le groupe 2 est plus hétérogène. Les conditions aux stations de l'amont fluctuent peu entre les hautes et moyennes eaux du fait, en général, d'un débit régulier tout au long de l'année. Ce sont les éléments minéraux dissous qui dominent dans les matières transportées.

Les stations de plaines, très particulières pendant les hautes et basses eaux, rejoignent les stations de l'amont en moyennes eaux.

Cela veut dire, qu'à cet épisode hydrologique le débit est normale et assure un meilleur fonctionnement à nos oueds d'où les comportements proches des stations de l'amont et de l'aval.

Le dépôt des matières particulaires dans les stations, est lié à la baisse de la vitesse du courant. C'est essentiellement la température qui sépare les groupes 3 et 4. Toutefois, le comportement des stations du groupe 2 est très proche de celui du groupe 3.

4.3. Conclusion.

Il apparait que les stations se répartissent en deux grands groupes :

- celles d'altitude supérieure à 300 m qui représentent les oueds des Mont de Tlemcen et du piedmont,
- et celles des plaines dont le fonctionnement est fortement tributaire de l'alternance crue-étiage. Ces stations, très fluctuantes, sont aussi fortement perturbées par les actions anthropiques.

CHAPITRE 6

DISCUSSION

Les variations des teneurs en MES sont généralement liées au débit (GUY, 1964; DANCE, 1981; SAAD et ABBAS, 1984; CELLOT et BOURNAUD, 1984 et 1986; MEYBECK, 1985).

La nature du sédiment et le taux de transport varient avec les saisons (O'HOPE et WALLACE, 1983) et le type de rivière (DANCE, 1981; MEYBECK, 1985).

Les MES augmentent avec le courant (EISMA et al, 1982; COSTA, 1977) mais aussi avec la disponibilité en matériaux fins qui peuvent être déposés ou arrachés (EISMA et al, 1982).

Les prélèvements pendant les hautes eaux réalisés quelques jours après la première crue suivant l'étiage ont montré que l'eau des stations de plaine principalement, est fortement chargée en matériel grossier et très turbide, or la turbidité est surtout liée à la matière inorganique (GALAHARGUE et al, 1975; TRUHLAR, 1976; CLAVEL et al, 1977).

Plusieurs auteurs ont mis en évidence le profond impact des premières crues saisonnières sur la turbidité et la concentration élevée en MES due à une remise en suspension très marquée des sédiments déposés à l'étiage, par lessivage et effet de chasse (GUIGO, 1975; GOLTERMAN, 1977; CELLOT et BOURNAUD, 1984; MEYBECK, 1985). A chaque pluies fortes s'opèrent en définitive des réductions du stock des particules sédimentées d'autant mieux observées dans les petites rivières (O'HOPE et WALLACE, 1983). Ces phénomènes sont d'autant plus importants sur les oueds du bassin de la Tafna où les précipitations intenses et brutales provoquent des crues violentes qui transportent des volumes énormes de matériaux érodés.

Les apports des affluents contribuent aussi à l'enrichissement des cours d'eau principaux.

C'est le cas pour les affluents de la Tafna et des sub-affluents des oueds Isser et Mouilah.

Dans nos oueds, à chaque confluent, l'augmentation du débit accroît la vitesse du courant et la teneur en MES.

Le transport des MES aussi bien minérales qu'organiques est réduit en moyennes et basses eaux et ce sont les fractions très fines ($<1\mu\text{m}$) et les matières dissoutes qui dominent. Dès que le débit diminue, les éléments particuliers grossiers sédimentent.

De plus, avec la réduction du débit et les températures élevées, on assiste à des phénomènes d'eutrophisation importants qui se traduisent par des développements massifs d'algues, qui, à leur tour, rendent les eaux turbides mais dans une moindre mesure que la matière minérale. Les processus de décomposition interviennent aussi et expliquent les teneurs en matière organique dissoute.

L'importance des matières dissoutes dans les oueds du bassin versant de la Tafna est due aux fortes teneurs en Ca^{++} et Mg^{++} provenant des dolomies des Monts de Tlemcen et qui rendent l'eau très dure.

A cela s'ajoute pour certains oueds (O. Mouilah qui signifie saumâtre) une salinité naturelle provenant des terrains salifères (O. Ed-Diab).

Les techniques culturales, utilisant arrosage et irrigation, provoquent une remontée des sels, en raison de l'évaporation intense, sels qui sont aussi entraînés vers les rivières par excès.

Le flux des MES (particulaires) ne dépasse celui de la matière dissoute qu'en période de crues ou de hautes eaux (MEYBECK, 1985).

Beaucoup d'auteurs ont d'ailleurs insisté sur l'importance des matières dissoutes par rapport aux MES (GALAHARGUE et al, 1975; CASELLAS et al, 1983; MEYBECK, 1985).

En plus des variations saisonnières, les matières en suspension, minérales et organiques, varient entre l'amont et l'aval (DECAMPS et al, 1976; MASSIO, 1976).

Les stations d'altitude représentées par les stations des Monts de Tlemcen et du piedmont ont montré peu de fluctuations entre les trois épisodes hydrologiques pour les différents paramètres mesurés. Ceci est d'autant plus net pour les sources (Crénal).

La matière en suspension dans ce cas, ne semble pas corrélée au débit (LOYE-PILOT, 1985). Ce sont les matières organiques et minérales très fines et dissoutes qui dominent. Ce groupe de stations se distingue par un débit plus régulier et une constance des paramètres physico-chimiques. En outre, ces milieux sont peu affectés par l'érosion. Les stations de montagne sont localisées dans des régions boisées ou, au contraire, de roches à nu où les apports pouvant provenir des ruissellements sont faibles.

les oueds de cette zone sont stables avec des températures maximales dépassant rarement 25°C, une conductivité peu élevée (<1000 μ S/cm) et des teneurs en MES faibles. Le débit varie dans des proportions nettement plus réduites qu'en plaines.

La seconde zone correspond aux rivières de plaine où les paramètres sont très fluctuants et qui traversent des régions aux sols meubles sur lesquels sont employés des techniques culturales favorisant l'érosion.

Les MES varient avec les épisodes hydrologiques liés surtout aux différences de débit (qui peuvent aller de la crue à l'assèchement) et au courant, mais aussi à l'activité biologique qui provoque une eutrophisation du milieu (SCULLION, 1983) et aux perturbations d'origines humaines.

En hautes eaux, un matériel important (surtout minéral) est transporté en aval d'autant que le courant y est plus fort qu'en amont et que les matériaux fins y sont largement disponibles ce qui est très important car ils constituent un handicap à l'exploitation des retenues (ou barrages) qui se comblent vite.

L'augmentation des sédiments en aval est attribuée à l'érodabilité des surfaces pauvres en végétation (SHARMA et al, 1984).

L'érosion terrestre dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont le climat, le relief, le sol, la végétation et les activités humaines (NILSSON, 1976; SUNDBORG, 1982).

Au cours de la saison d'étiage, les cours d'eau en aval s'assèchent du fait de la faiblesse des précipitations, des températures élevées ($>30^{\circ}\text{C}$) et de l'exposition des stations. Ceci permet le dépôt de particules minérales et organiques sur les lits des rivières.

Dès les premières pluies fortes, les oueds (dont le régime est pluvial) se remettent à couler et entrent très vite en crue charriant alors des masses considérables de matériaux en suspension déposés à l'étiage ou arrachés aux rives et aux lits.

Des teneurs de 200g/l ont été observées sur la Tafna. Certains oueds algériens atteignent des charges supérieures à 500g/l (MEDINGER, 1960). Par exemple, l'oued Leham en date de 06 Octobre 1957 a charrié 674g/l de particules solides (MEDINGER, 1960).

Les activités agricoles contribuent fortement aux apports allochtones en sédiments organiques (fumures, épandages d'engrais, humus) et inorganiques et sont considérées comme une source potentielle de MES (DANCE, 1981). Les transports par les ruisselets et ravines qui marquent ces régions marneuses (notamment la Basse Tafna et les plaines de l'Isser) accentuent ce phénomène donc l'érosion.

Les techniques d'irrigation par rigoles amènent par l'eau en excès des quantités non négligeables de MES. Les zones maraîchères et fruitières des vallées du Chouly, du Khémis, de la Basse Tafna et de la région de Tlemcen présentent ce type d'irrigation.

Ajoutés aux processus d'érosion les pompages excessifs qui réduisent le débit en aval, accentuent l'eutrophisation et parfois assèchent totalement la rivière (I₄ et S₄).

Souvent les oueds dans leur portion aval constituent de véritables collecteurs pour les rejets domestiques et industriels.

Si un débit minimum n'est pas maintenu, la rivière est alors incapable de s'autoépurer et s'eutrophise. A l'étiage, où l'écoulement est faible et la température élevée, les milieux présentent un développement algal important (couleur vert sombre) et parfois bactérien.

La matière organique contribue à la forte minéralisation du milieu (conductivité élevée) dans lequel vont se concentrer des phosphates, nitrates, nitrites et autres éléments.

Les rejets, en partie industriels, de la région de Maghnia donnent une couleur blanchâtre à l'eau des oueds par la présence d'amidon. Ils augmentent ainsi les teneurs en matière organique, et, aux effets biologiques (asphyxie de fond) s'ajoutent des effets mécaniques (colmantage, trouble) qui se font ressentir jusqu'à plus de 20Km en aval des rejets (station T_e).

La ville de Tlemcen rejette aussi ses eaux domestiques et industrielles sans épuration, ce qui explique ces fortes concentrations de l'oued Sikkak.

Une autre influence humaine est représentée par les exploitations de gravières et aussi les extractions sauvages de matériaux, nombreuses dans la plaine de la Tafna.

Déjà nos oueds font face à une érosion fluviale considérable. Le transport des sédiments fluviaux dépend des débits et de la taille des particules déposées sur les lits et les berges (GUY, 1964). Or, les exploitations modifient et destabilisent le lit de la rivière en le surcreusant et en surchargeant l'eau et le fond de matériaux fins (CUINAT, 1980).

De plus ces matériaux fins colmatent les interstices entre les graviers et cailloux provoquant ainsi une raréfaction des groupes faunistiques souvent remplacés par des animaux de milieux vaseux (CLAVEL et al, 1977; CUINAT, 1980).

Les fermes, les divers élevages et l'urbanisation sont autant de facteurs contribuant à l'augmentation des MES dans les cours d'eau (WHITE et GAMMON, 1977).

L'étude des matières en suspension des oueds d'Afrique du Nord fournit des renseignements intéressants pour le fonctionnement de l'écosystème (GROBLER et al, 1983).

Elle ne doit pas uniquement servir à la mise au point des modèles hydrauliques.

Diverses études ont montré que les régimes des débits des rivières et leurs conséquences affectent la morphologie du lit et les mouvements de fond, les sédiments peuvent avoir une influence sur la faune (SEDELL et al, 1978; MILNER et al, 1981).

En hautes eaux, le matériel transporté en aval est considérable donnant ainsi à la rivière un aspect très turbide. Cette forte turbidité agit sur la production primaire par réduction du flux lumineux (WALMSLEY et al., 1980; KIRK, 1985) par abrasion (GUY, 1964).

La faune est directement et indirectement perturbée par les fortes teneurs du MES (ELLIS, 1936; CUINAT, 1980; CELLOT et BOURNAUD, 1986).

En moyennes eaux, le débit diminue, la turbidité baisse et les charges en matières particulières sont réduites. Ce sont les fractions minérales et organiques $< 1\mu\text{m}$ qui dominent. Celles-ci sont souvent assimilées dans les oueds étudiés aux éléments dissous.

Les basses eaux se distinguent par une conductivité élevée et une teneur en matière organique importante largement supérieure à la matière minérale.

La pollution organique dans nos oueds est accentuée à l'étiage (débit affaibli et processus d'auto-épuration affaiblis); la minéralisation totale devient importante.

La matière organique dissoute provient essentiellement de la décomposition de la matière organique particulaire (CUMMINS et al., 1980).

Cette étude nous a aussi permis d'établir une zonation des stations.

Deux groupes de stations sont mis en évidence. La limite entre les deux zones peut-être établie aux alentours de 300 m d'altitude dans le bassin de la Tafna. La typologie peut-être esquissée à partir de nos résultats (YADI et GAGNEUR, en préparation)

La zone amont se compose d'un crénal et d'un épirhithral réduits en raison d'un réchauffement rapide des eaux et d'une minéralisation qui augmente rapidement.

Les deux milieux sont riches et diversifiés faunistiquement en raison de la recherche d'eau moins eutrophes de la part des organismes. (YADI et GAGNEUR, en préparation).

Ces stations d'altitude, peu perturbées, constituent ainsi une zone refuge pour la faune qui a vu son aire de distribution réduite et ce, à cause des diverses perturbations.

La partie la plus longue de la zone amont correspond à un hyporhithral déjà eutrophisé.

Le métarhithral est absent, tant l'évolution des caractères de l'eau est rapide, ou réduit dans quelques oueds peu perturbés : l'oued Khémis en amont du village de Khémis et l'oued Chouly en amont du village d'oued Chouly.

La zone aval est à rapprocher d'un épipotamal en raison de ses caractéristiques physico-chimiques mais la pente toujours forte l'apparente au rhithral surtout en période des hautes eaux.

La typologie des eaux nord-africaines ne peut être établie en appliquant les méthodes utilisées pour celles des eaux d'Europe tempérée.

Les critères doivent être modifiés, en particulier les limites de classes de qualité (YADI et GAGNEUR, en préparation).

De cette étude, nous pouvons déduire que les principaux facteurs affectant la distribution des MES et dissoutes dans le bassin de la Tafna sont :

- les épisodes hydrologiques avec les variations de débit,
- l'érosion,
- les influences anthropiques.

Les différences entre les stations concernent les paramètres suivants :

- la nature des éléments transportés,
- la turbidité de l'eau,
- la minéralisation des eaux,
- la température de l'eau.

Aujourd'hui, nous assistons dans le bassin versant de la Tafna à une sérieuse dégradation de l'écosystème due à l'urbanisation (liée à une forte croissance démographique), l'industrialisation, l'agriculture intensive, les réalisations des réservoirs d'eau, les exploitations de granulats et les élevages (moutons, poulets).

Ces facteurs de dégradation ont été décrits dans de nombreux travaux (WRIGHT, 1982; SUNDBORG, 1982; SHARMA et al., 1984); d'autre part, une attention particulière doit être donnée aux régions semi-arides très sensibles à l'érosion (SUNDBORG, 1982).

Une commission mixte ASPEWIT* et DDS* (1981) a établi un rapport montrant l'effet néfaste et destructeur des rejets des diverses industries implantées sur le bassin versant de la Tafna.

Les zones industrielles de Sebdou, Maghnia et Chetouane de la Wilaya de Tlemcen, provoquent des pollutions sans cesse croissantes.

D'après ce rapport, aucune des usines (SNIC*, maïs, conserveries, ENTC*...) ne traite ses rejets et les stations d'épuration quant à elles existent mais ne fonctionnent pas.

A l'étiage les effets de la pollution sont plus marqués à cause des températures élevées et des débits encore plus affaiblis par les pompages intenses et incontrôlés pour l'irrigation et à d'autres fins.

Ces facteurs de dégradation provoquent d'une part, une raréfaction de la faune mais aussi la mise en place d'une faune banale, eurycèce tolérante, surtout dans les zones de plaine.

Une attention particulière devra être donnée aux oueds du Nord-Ouest algérien. Une meilleure connaissance du fonctionnement de ces écosystèmes serait souhaitable.

Il faudrait trouver des solutions urgentes concernant les eaux très chargées et qui sont retenues (ou vont bientôt l'être) par des barrages; ces eaux sont destinées pour l'alimentation en eau potable des agglomérations.

Une meilleure gestion de l'eau et une protection sévère devront être envisagées afin de préserver les écosystèmes aquatiques.

DDS : Direction De la Santé
ASPEWIT : Association pour la Sauvegarde et la Protection de
l'Environnement de la Wilaya de Tlemcen.
SNIC : Société Nationale d'Industrie Chimique.
ENTC : Entreprise Nationale des Téléphones et Communications.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (P.B.). 1979 - Turbidimeter measurement of suspended sediment. U.S. Depart. Argric. Sci. and Educ. Administ Agric. Res. Results, Southern. Series ARR-S-4: 5p.
- ARRUS (R.). 1985 - L'eau en Algérie; de l'impérialisme au développement (1830-1962). O.P.U (Alger) et PUG (Grenoble), 388p.
- ASPEWIT et DDS. 1981 - Rapport sur les formes de pollution industrielle dans la Wilaya de Tlemcen.
- AZZA (B.). 1987 - L'influence du rouissage de l'Alfa sur la qualité de l'eau. Mémoire DES., INES BIOLOGIE TLEMEN 29p.
- BEDIOT (G.). 1966 - Erosion des sols dûe au ruissellement. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Besançon: 471p.
- BENCHETRIT (M.). 1954 - L'érosion accélérée dans les chaînes Telliennes d'Oranie. Rev. Geom. dyn., 4: 145-167.
- BENDJELLOUL (S.A.). 1987 - Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la résurgence de la Tafna aux environs de Ghar-Boumaza (Sebdou). Mémoire DES, INES BIOLOGIE de Tlemcen, 29p.
- BOULTON (A.J.). et LAKE (P.S.). 1988 - Australian temporal streams some ecological characteristics. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 1380-1383.
- CAMPBELL (P.). et ELLIOTT(S.). 1975 - Assessment of centrifugation and filtration as methods for determining low concentrations of suspended sediment in natural waters. Can. Fish. Mar. Serv. Res. Dev., Tech. Rep. 545: 18p.
- CASANOVAT-BATUT (T.). 1977 - Etude préliminaire en vue de la modélisation de l'écosystème Lot. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Paul Sabatier. Toulouse: 109p.
- CASELLAS (C.). 1983 - Matière organique particulaire, colloïdale et dissoute de l'eau de Seine. Revue Française des Sciences de l'eau, 2: 281-286.
- CELLOT (B.). et BOURNAUD (M.) 1984 - Structure et fonctionnement d Haut Rhône français. 39. Dynamique saisonnière des mouvements de l'eau et des particules en suspension dans un fleuve. Verh. Int. Verein. Limnol., 22: 2002-2008.

- CELLOT (B.) et BOURNAUD (M.). 1986 - Modifications faunistiques engendrées par une faible variation de débit dans une grande rivière. Hydrobiologia, 135: 223-232.
- CLAVEL (P.), CUINAT (R.), HAMAN (Y.) et ROMANEIX (C.). 1977 - Effets des extractions de matériaux alluvionnaires sur l'environnement aquatique dans les cours supérieurs de la Loire et de l'Allier. Rapport Cons. Sup. de la Pêche, 6^{ème} délégation régionale, 154p.
- COLLIGNON (B.). 1986 - Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie). Thèse de Doctorat nouveau régime. Univ. Avignon, 282p.
- COSTA (J.E.). 1977 - Sediment concentration and siltation in stream channels. J. Soil and Wat. Cons, 32 : 168-170.
- CUINAT (R.). 1980 - Rejets de matières en suspension par les exploitations de granulats dans la rivière Allier. Effets sur la vie aquatique. Proc. of the technical consultation on "Allocation of Fishery resources" (Vichy 1980), F.A.O. Rome : 40-46.
- CUMMINS (K.W.), SPLENGER (G.L.), MILTON WARD (G.), SPEAKER (R.M.), OVINK (R.W.), MAHAN (D.C.) et MATTINGLY (R.L.). 1980 - Processing of confined and naturally entrained leaf litter in a woodland stream ecosystem. Limnol. Oceanogr., 25 (5) 952-957.
- DANCE (K.W.). 1981 - Seasonal aspects of transport of organic and inorganic matter in stream.
- DECAMPS (H.), MASSIO (J.C.) et DARCOS (J.C.). 1976 - Variations des teneurs en matières minérales et organiques transportées dans une rivière canalisée : Le Lot. Annls Limnol., 12 (3): 215-237.
- DUCHAUFOUR (Ph.). 1983 - Pédogénèse et classification. Tome I. 2^{ème} édition Masson, 491p.
- EISMA (D.), CADEE (G.C.) et LAANE (R.). 1982 - Supply of suspended matter and particulate and dissolved organic carbon from the Rhine to the Coastal North Sea. Mitt. Geol. Paleontol. Inst. Univ. Hamburg, 52 : 483-505.
- ELLIS (M.M.). 1936 - Erosion silt as a factor in aquatic environments. Ecology, 17 (1): 29-42.
- ESHO (R.T.) et BENSON-EVANS (K.). 1983 - Primary productivity of the River Ely South Wales U.K. Hydrobiologia. 107: 141-153.
- GAGNEUR (J.). 1987 - Sur la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques en Algérie. T.S.M. L'eau, Mai 87: 209-212.

- GALAHARGUE (J.), GIOT (D.), TROLET (J.L.), DAUTA (A.), DECAMPS (H.), DENAT (D.) et MASSIO (J.C.). 1975 - Etude de la turbidité et des matières en suspension dans les eaux du Lot et de leurs relations avec les écoulements -3- Evolution des matières en suspension et de la turbidité dans une masse d'eau marquée -BRGM. Service géologique National et laboratoire d'Hydrobiologie de l'Univ. Paul Sabatier de Toulouse; Association pour l'aménagement de la vallée du Lot, 30p.
- GOLTERMAN (H.L.), SLY (P.G.) et THOMAS (R.L.). 1983 - Study of the relationship between water quality and sediment transport. Techn. Papers in Hydrology, UNESCO, Paris: 231p.
- GROBLER (D.C.), TOETIEN (D.F.) et DE WET (J.J.). 1983 - Changes in turbidity as a result of mineralization in the lower Vaal river. Water S.A., 9 (3): 110-116.
- GUIGO (M.). 1975 - Les variations de la turbidité et leurs relations avec le débit et les précipitations sur la Magra, fleuve de la Ligurie orientale. Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., 17 (3): 259-278.
- GUY (H.P.). 1964 - An analysis of some storm-period variables affecting stream sediment transport. Prof. Papers. 462. E, U.S. geol. Survey, Washington D.C: 46p.
- ILTIS (A.) et LEVEQUE (C.). 1982 - Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte-d'Ivoire. Rev. Hydrobiol trop., 15 (2): 115-130.
- KIRK (J.T.O.). 1985 - Effets of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems. Hydrobiologia, 125: 195-208.
- KUNKLE (S.H.) et COMER (G.H.). 1971 - Estimating suspended sediment concentrations in streams by turbidity measurements. J. Soil and Wat. Cons., 26: 18-20.
- LAMMERS (W.T.). 1962 - Density gradient separation of plankton and clay from river Water. Limnol. Oceanogr., 7: 224-229.
- LAMMERS (W.T.). 1966 - III- Methods. Natural Water fractionation : Theory and practice. Verch. Internat. Verein Limnol., 16: 452-458.
- LEGGAT (S.). 1987 - Etude physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de la région de Chetouane. Mémoire de DES en Ecologie, Institut de Biologie de Tlemcen: 20p.
- LOCK (M.A.) et FORD (T.). 1986 - Colloidal and dissolved organic carbon dynamics in undisturbed boreal forest catchments : a seasonal weight spectro. Freshwater Biology 16: 187-195.

- LOYE-PILOT (M.D.). 1985 - Les variations des teneurs en CO
(D et P) d'un petit torrent méditerranéen monta-
gnard (Corse). Verch. Internat. Verein. Limnol, 2:
2087.
- MASSIO (J.C.). 1976 - Facteurs d'évolution des matières en suspen-
sion minérales et organiques dans les eaux du Lot.
Thèse 3^e cycle Univ. Toulouse III: 146p.
- MASSIO (J.C.) et DECAMPS (H.). 1976 - Dynamique des matières en
suspension dans un bief de la rivière Lot. Bull.
Fr. Pisc., 260: 91-102.
- MEDINGER (G.). 1960 - Transport solide des oueds algériens.
Annuaire hydrologique de l'Algérie 1958-1959.
Direction de l'hydraulique et de l'équipement
rural de l'Algérie: 5-31.
- MEYBECK (M.). 1985 - Variabilité dans le temps de la composition
chimique des rivières et de leurs transports en
solution et en suspension. Sciences de l'eau,
4 (1): 93-121.
- MEYER (J.I.), LIKENS (G.E.) et SLOANE (J.). 1981 - Phosphorus,
nitrogen, and organic carbon flux in a headwater
stream. Arch. hydrobiol. 91 (1): 28-44.
- MILNER (N.J.), SCULLION (J.), CARLING (P.A.) et CRISP (D.T.). 1981 -
The effects of discharge on sediment dynamics and
consequent effects on invertebrates and salmonids
in Upland rivers. Adv in applied biol., 6: 153-220
- NILSSON (B.). 1976 - The influence of man's activities in rivers
on sediment transport. Nordic hydrology, 7:
145-160.
- O'HOP (J.), WALLACE (J.B.). 1983 - Invertebrate drift, discharges,
and sediment relations in a southern appalachian
headwater stream. Hydrobiologia, 98: 71-84.
- PROBST (J.L.). 1983 - Hydrologie du bassin de la Garonne, modèle
de mélange. Bilan de l'érosion. Exportation des
phosphates et des nitrates. Thèse 3^{ème} cycle,
Univ. P. Sabatier, Toulouse, 148p.
- RODIER (J.). 1978 - L'analyse de l'eau. Ed. Dunod. Bordas, Paris
1365p.
- SAAD (M.A.H.). et ABBAS (M.H.). 1984 - Seasonal variations of
transparency, suspended matter, total residue,
fixed in Rosetta branch of the Nile. Rev. Hydro-
biol. trop 17 (2): 91-99.

- SCULLION (J.). 1983 - Effects on in-poudments on downstream bed materials of two upland rivers in mid. wales and some ecological implications of such effects. Arch. Hydrobiol. 96 (3): 329-344.
- SEDELL (J.R.), NAIMAN (R.J.), LUMINS (K.W.), MINSHALL (G.W.) et VANNOTE (R.L.). 1978 - transport of particulate organic material in streams as a function of physical process. Verch. internat. Verein. Limnol, 20: 1366-1375.
- SHARMA (K.D.), VANGANI (N.S.) et CHOUDHARI (J.S.). 1984a - Sediment transport characteristics of the desert stream in India. J. hydrol., 67: 261-272.
- SHARMA (K.D.), CHOUDHARI (J.S.) et VANGANI (N.S.). 1984b - Transmission losses and quality changes along a desert stream : the Luni bassin in N.W India. J. arid Envir., 7: 255-262.
- SUNDBORG (A.). 1983 - Sedimentation problems in river bassins. Nat. Ressour., 19 (2): 10-21.
- TALEB (M.K.). 1981 - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin de la Haute Tafna (Monts de Tlemcen). Mémoire de D.E.A.
- TIXERONT (J.). 1960 - Débit solide des cours d'eau en Algérie et en Tunisie. Assoc. int. hydrol. sci., Publ. N°53: 26-42.
- TRUHLAR (J.F.). 1976 - Determining suspended sediment loads from turbidity records. Proc. 3rd fed. int. Agency sedimentation conf., U.S. Wat. Res. Comm, Washington D.C, 7: 65-74.
- WALMSLEY (R.D.), BUTTY (M.), VAN DER PIEPEN (H.) et GROBLER (D.). 1980 - Light penetration and the interrelations ships between optical parameters in a turbid subtropical in-poudment. Hydrobiologia, 70 (1-2): 145-157.
- WHITE (D.S.) et GAMMON (J.R.). 1977 - The effect of suspended solids on macro-invertebrates drift in an Indiana Creek Proc. Indiana. Acad. Sci, 86: 182-188.
- YADI (B.) et GAGNEUR (J.). 1990 - Nature et évolution des matières minérales et organiques dans les oueds du bassin de la Tafna (Région de Tlemcen, ALGERIE), Ann. hydrobio. Sous-presse: 1-25.
- ZEITSHEL (B.). 1970 - The quantity composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. Mar. Biol, 7: 305-318.