

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار-عنابة

Faculté des sciences de la Terre  
Département de Géologie

Année 2006

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister

**ETAT ACTUEL DES RESSOURCES EN EAU  
DANS LA WILAYA DE SKIKDA  
(ESSAI DE SYNTHÈSE)  
BILAN – GESTION - PERSPECTIVE**

Option  
*Hydrogéologie*

Par  
**BEN RABAH Samia**  
(Ingénieur d'état)

DIRECTEUR DU  
MEMOIRE :

H. BOUSNOUBRA M. C U. B. M.

Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENTE	:	M <sup>me</sup> Hammor Dalila	M. C	U. B. M	Annaba
		M <sup>rs</sup> Derradji El Fadel	M. C	U. B. M	Annaba
EXAMINATEURS :		M <sup>rs</sup> Zouini Derradji	M. C	U. B. M	Annaba
		M <sup>rs</sup> Rouabhia Abdel kader	CC	Université	Tébessa

# *RESUME*

## **RESUME**

L'étude proposée concerne la région de Skikda, située au Nord Est Algérien, elle couvre une superficie de 4138 Km<sup>2</sup>, d'une population en augmentation, la carte de population établie nous montre les zones à forte densité de population.

Le sous-sol de la région est bien pourvu en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes (nappe des grès et nappe des flyschs dans la vallée de Safsaf), restent les dépôts alluviaux (formations meubles du quaternaire), formés le long des oueds qui constituent le magasin essentiel des eaux souterraines de la région. Les coupes de forages établies ont permis à leur tour l'élaboration d'une carte schématique de l'extension des nappes dont un potentiel approximatif estimé selon les débits des forages en service à près de 59 Mm<sup>3</sup> avec la distribution de 14 Mm<sup>3</sup>.

Par ailleurs, les eaux de surfaces sont plus abondantes mais restent moins mobilisées (par les barrages et les retenues collinaires), car de grande quantité rejoignent la mer.

Les quatre barrages de la région mobilisent près de 292 Mm<sup>3</sup>, mais le problème de l'envasement de ces ouvrages diminue leur capacité ainsi que les pertes causées par les fuites au niveau de deux barrages. Les retenues collinaires mobilisent près de 2 Mm<sup>3</sup>.

L'analyse des données hydro climatologiques et des débits des forages a permis une estimation (quantification) approximative des ressources en eau de la région.

La région est connue par sa vocation agricole et par sa forte concentration industrielle, à cet effet la vulnérabilité de ses eaux est fonction du contexte industriel (rejets des eaux usées) et agricole (épandage excessif des engrais). Il ressort de cela, que la ressource hydrique se trouve aujourd'hui menacée par différents types de polluants.

L'étude de l'évolution de la qualité des eaux souterraines de la région s'est faite en effectuant une synthèse de diverses études menues sur le terrain d'étude (1988 à 2004), pour une meilleure évaluation de leur qualité.

L'évolution de la qualité des eaux de surface de la région sur une période de quinze années a permis d'évaluer leur altération par le biais d'un indice de pollution organique global, obtenu par le calcul des indices d'altération pour chaque paramètre concerné par la pollution organique (DBO<sub>5</sub>, DCO, COT, O<sub>2</sub>...).

L'élaboration d'une carte montre l'évolution de la pollution organique dans les eaux superficielles de la région, illustrant ainsi, les zones à forts et à moindres degrés de pollution.

Pour la préservation de la ressource hydrique de la région il faut une gestion appropriée et une utilisation adéquate de l'eau, traitement des eaux usées avant de les rejeter dans les oueds, l'épandage périodique et raisonné des engrais, qui sont la principale source de la pollution par les nitrates et les phosphates.

**Mots clés** : Skikda, ressources en eaux, eaux souterraine et superficielle, nappe alluvionnaire, mobilisation, pollution organique, carte d'altération,

## المخلص

الدراسة المقترحة لمدينة سكيكدة التي تقع في الشمال الشرقي الجزائري . تغطي مساحة تقارب 4138 كلم<sup>2</sup> والكثافة السكانية في تزايد مستمر و هذا التزايد مبيّن على الخريطة التي تظهر لنا المناطق ذات الكثافة السكانية العالية. جوف الارض لهذه المنطقة غني بالمياه الباطنية بالرغم من ان بعض المناطق لا تحتوي على كميات كبيرة. (المياه الجوفية الجبسية والمياه الجوفية في الصخور الفلش) تبقى التراكبات الحصوية التي تكونت على نواحي الوديان هي التي تكون المخزن الاساسي للمياه الجوفية لهذه المنطقة.

المقاطع في الابيار سمحت لنا بتكوين خريطة تشكيلية لمخازن المياه الجوفية التي قدرت حسب كمية المياه المستخرجة من الابيار بحوالي 59 مليون م<sup>3</sup> التي يوزع منها 14 مليون م<sup>3</sup> .

ومن الناحية الاخرى فان المياه الجوفية متواجدة بكثرة ولكنها ليست مستغلة عن طريق السدود حيث كميات هائلة تصب في البحر.

السدود الاربعة لهذه المنطقة تجند ما يقارب 292 مليون م<sup>3</sup> ولكن مشكل الطين الذي يغمر هذه الهياكل ينقص من سعته وكذلك التسربات في السدود التي تفقد كميات كبيرة من المياه.

ناحية سكيكدة معروفة بنشاطها الزراعي والاقتصادي ولهذا ان مياهها معرضة لمخاطر عديدة بسبب المواد الملوثة. لمعرفة تطور نوعية المياه الجوفية لمدينة سكيكدة تطرقنا لدراسة مجموعة من الدراسات التي اجريت في هذه الناحية والمقارنة بينها (1988-2004) .

تطور نوعية المياه السطحية لهذه المنطقة خلال مدة 15 سنة سمحت لنا بتقييم درجة تلوثها و ذلك باستعمال الطلب الحيوي للاكسجين والطلب الكميائي للاكسجين وكمية الاكسجين المدابة... الخ

وللحفاظ على الثروة المائية (السطحية, الباطنية) لمنطقة سكيكدة ويجب استغلال وتسيير محكم لهذه الثروة \*معالجة المياه القدرة قبل تصريفها في الوديان, الاستعمال المحكم للاسمدة التي تكون المنبع الرئيسي لتلوث بالنترات والفوسفات .

### الكلمات المفاتيح

سكيكدة , ثروة مائية , مياه جوفية و سطحية , , طبقة مائية حساوية, تجنيد , تلوث عضوية, خريطة التلوث .

## *SUMMARY*

The study suggested relates to the area of Skikda, located in the North- Est of Algerian, it covers a surface of 4138 km<sup>2</sup>, of a population in increase, the chart of established population shows us the zones has strong density of population.

The basement of the area is well provided in resources with subsoil water, even if all the tablecloths do not have interesting capacities of exploitation (tablecloth of the likings and tablecloth of the flyschs in the valley of safsaf), remain the overwash phases (movable formations of quaternary), formed along the wadis which constitute the essential store of subsoil waters of the area. The drill logs established allowed has their turn the development of a diagrammatic chart of the extension of the tablecloths whose approximate potential estimated according to flows' of drillings in service has meadows of 59 mm<sup>3</sup> with the distribution of 14 mm<sup>3</sup>.

In addition, the surface water is more abundant but remains less mobilized (by the stoppings and reserves collinaires), because of great quantity join the sea.

The four stoppings of the area mobilize meadows of 292 mm<sup>3</sup>, but the problem of the silting of these works decreases their capacity as well as the losses caused by the escapes on the level of two stoppings. Reserves collinaires mobilize meadows of 2 mm<sup>3</sup>.

The analysis of the climatological hydro data and the flows of drillings allowed an estimate (quantification) approximate water resources of the area.

The area is known by its agricultural vocation and by its strong industrial merger, the vulnerability of its water to this end is a function of the industrial context (rejections of worn water) and agricultural (excessive spreading of manures). It comes out from that, that the hydrous resource is today threatened by various types of pollutants.

The study of the evolution of the quality of subsoil waters of the area was done by making a synthesis of various small studies on the ground of study (1988 to 2004), for a better evaluation of their quality.

The evolution of the quality of surface water of the area over one fifteen years period A made it possible to evaluate their deterioration by the means of an index of organic pollution total, obtained by the calculation of the indices of deterioration for each parameters concerned with organic pollution (DBO<sub>5</sub>, DCO, COT, O<sub>2</sub>...).

Development of a chart shows the evolution of organic pollution in surface waters of the area, illustrating thus, the zones at forts and less degrees of pollution.

For the safeguarding of the hydrous resource of the area one needs a suitable management and an adequate use of water, water treatment used before rejecting them into the wadis, the periodic and reasoned spreading of manures, which are the principal source of pollution by nitrates and phosphates.

**Key words:** Skikda, resources water, subsoil waters and surface, alluvial tablecloth, mobilization, organic pollution, deterioration map

# *Listes des tableaux*

## *Liste des tableaux*

1	Evolution de la population de la wilaya de Skikda	7
2	Les différentes nappes et leurs intérêts hydrogéologiques	25
3	Les grands oueds de la région et leurs principaux affluents	49
4	Les différents barrages dans la région d'étude	50
5	Les différentes retenues collinaires dans la région d'étude	52
6	Les stations pluviométriques et leurs coordonnées	56
7	Précipitation moyenne annuelle (mm) Guenitra	57
8	Précipitation moyennes mensuelles (mm) Guenitra	57
9	Précipitations moyennes annuelles (mm) Skikda	58
10	Précipitations moyennes mensuelles (mm) Skikda	59
11	Précipitations moyennes annuelles (mm) Azzaba	60
12	Précipitations moyennes mensuelles (mm) Azzaba	62
13	Répartition saisonnière des précipitations	64
14	Températures moyennes annuelles (Guenitra)	64
15	Températures moyennes mensuelles (Guenitra)	65
16	Températures moyennes annuelles (Skikda)	65
17	Températures moyennes mensuelles (Skikda)	65
18	Températures moyennes annuelles (Azzaba)	68
19	Températures moyennes mensuelles (Azzaba)	69
20	Coefficient pluviométrique (station de Guenitra 94/04)	70
21	Coefficient pluviométrique (station de Skikda 94/04)	73
22	Coefficient pluviométrique (station de Azzaba 94/04)	74
23	Résultat de l'ETP dans les trois stations (94/04)	75
24	Résultat du ruissellement dans les trois stations (94/04)	75
25	Résultat de l'infiltration dans les trois stations (94/04)	76
26	Tableau récapitulatif de l'ETP, R et I (94/04)	78
27	Estimation de l'ETP par la formule de Thorntwaite (94/04)	79
28	Bilan hydrique de C W Thorntwaite (Guenitra 94/04)	80
29	Bilan hydrique de Thorntwaite (Skikda 94/04)	80
30	Bilan hydrique de Thorntwaite (Azzaba 94/04)	82
31	Tableau récapitulatif du bilan hydrique de Thorntwaite (94/04)	82
32	Apports annuels moyens des Oueds dans la wilaya de Skikda	85
33	Apports annuels moyens en Mm <sup>3</sup> des barrages (2005)	88
34	les capacités et les pertes (Mm <sup>3</sup> /an) barrages (200)	90
35	les différentes retenues collinaires et leurs capacités	93
36	Volume d'eau mobilisé et prélevé des principales nappes	98
37	Les différentes sources dans le terrain d'étude	102
38	Récapitulatif des capacités hydriques de la région	106
39	Répartition par Daïras des ressources souterraines	107
40	Situation de l'approvisionnement en eau potable	109
41	L'eau utilisé pour l'agriculture à partir de chaque type d'ouvrage	111
42	Volume d'eau (Mm <sup>3</sup> ) distribué des quatre barrages pour l'irrigation	116
43	Evolution des besoins en eau pour l'agriculture (2005-2025)	116
44	les besoins en eau (Mm <sup>3</sup> ) dans le secteur de l'industrie (2005)	117
45	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie (1987-2025)	119
46	Grille de qualité des eaux superficielles et leurs indices	119
47	Altération des eaux souterraines par les nitrates	124
48		146

# *Liste des figures*

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Réserve en eau au niveau mondial	1
2	Stock d'eau continentale	2
3	Ressources en eau prélevées en Algérie (2000)	3
4	Ressources mobilisées dans les bassins CSM	4
5	Carte de la situation géographique	5
6	Carte de la population de la wilaya de Skikda	6
7	Répartition des terres dans la région de Skikda	7
8	Répartition des unités industrielles dans la wilaya de Skikda	8
9	Colonne stratigraphique et synthétique de la chaîne calcaire	14
10	Colonne stratigraphique et synthétique des séries mauretaniennes	16
11	Colonne stratigraphique et synthétique de djebel Safia	18
12	Carte géologique de la région de Skikda	21
13	Coupe schématique dans le bassin de Tamalous	22
14	Coupe schématique dans le massif de djebel Safia	23
15	Proportions approximatives des formations géologiques	24
16	Carte des altitudes de la région d etude	27
17	Carte des bassins versants de la zone d etude	31
18	Coupe hydrologique dans l'aquifère de Collo	35
19	Coupe hydrogéologique dans l'aquifère de oued Zhour	36
20	Coupe hydrogéologique dans l'aquifère de Skikda A B C D	37
21	Coupe hydrogéologique dans la région de Azzaba	38
22	Coupe hydrogéologique dans le massif dunaire de Guerbez	39
23	Coupe hydrogéologique dans le massif dunaire de Guerbez	40
24	Carte schématique d extension de nappes	45
25	Carte du réseau hydrographique de la région	47
26	Carte des caractéristiques physiques des BV	48
27	Carte de la ressource superficielle de la région d etude	51
28	Carte de la répartition des pluies dans le Nord algérien	54
29	Carte des stations pluviométrique de la région	55
30	Variation des précipitations moyennes annuelles (Guenitra)	57
31	Variation des précipitations moyennes mensuelles (Guenitra)	57
32	Variation des précipitations moyennes annuelles (Skikda)	58
33	Variation des précipitations moyennes mensuelles (Skikda)	59
34	Variation des précipitations moyennes annuelles (Azzaba)	60
35	Variation des précipitations moyennes mensuelles (Azzaba)	60
36	Variation des précipitations annuelles dans les trois stations	61
37	Variation des précipitations mensuelles dans les trois stations	61
38	Répartition saisonnière des précipitations (Azzaba)	63
39	Répartition saisonnière des précipitations (Skikda)	64
40	Répartition saisonnière des précipitations (Guenitra)	65
41	Variation des températures moyennes mensuelles (Guenitra)	66
42	Variation des températures moyennes mensuelles (Skikda)	66
43	Variation des températures moyennes mensuelles (Azzaba)	68
44	Variation des températures mensuelles dans les trois stations)	69
45	Détermination des années déficitaires et excédentaires (Guenitra)	70

46	Détermination des années déficitaires et excédentaires (Skikda)	72
47	Détermination des années déficitaires et excédentaires (Azzaba)	72
48	Diagramme pluviothermique de Gaussen (Guenitra 94/04)	76
49	Diagramme pluviothermique de Gaussen (Skikda 94/04)	78
50	Diagramme pluviothermique de Gaussen (Azzaba 94/04)	81
51	Carte de P, ETP, I, R dans les trois stations	82
52	Variation de l'ETP dans les trois stations de mesure (94/04)	82
53	Variation de l'ETP en fonction de P (Guenitra 94/04)	82
54	Variation de l'ETP en fonction de P (Skikda 94/04)	83
55	Variation de l'ETP en fonction de P (Azzaba 94/04)	84
56	Carte du bilan hydrique de Thorntwaite	84
57	Cycle et capital d'eau moyen dans la région de Skikda	85
58	Apport annuel moyen des oueds de la région de Skikda 2002	88
59	Capacité totale et ETP des différents barrages de la région A B	90
60	Capacités moyennes et AEP (Mm <sup>3</sup> /an) des barrages de la région A B	91
61	Volume distribué pour l'AEP et volume perdu (Mm <sup>3</sup> /an) A B	92
62	La capacité des barrages et le volume distribué pour l'AEP (Mm <sup>3</sup> /an)	93
63	Carte des forages de la région d'étude	94
64	Carte des forages en service de la région d'étude	95
65	les volumes mobilisés en Mm <sup>3</sup> des différentes nappes	98
66	Carte du volume d'eau mobilisé des différentes nappes	99
67	Répartition de la ressource en eau par type de formation	100
68	Estimation du taux d'exploitation (Mm <sup>3</sup> ) des principales nappes	101
69	Schéma récapitulatif du potentiel hydrique souterrain et de surface	102
70	Carte du volume d'eau mobilisé et distribué	102
71	Les ressources souterraines mobilisées et celles distribuées	104
72	Les volumes d'eau distribués et rejetés (usés) en Mm <sup>3</sup>	106
73	Evolution de la population et augmentation des besoins en AEP	109
74	Evolution de la population dans la wilaya de Skikda de 1987 à 2025	110
75	Evolution dans le temps de la demande en eau pour l'agriculture	112
76	Evolution dans le temps de la demande en eau (Mm <sup>3</sup> /an) pour l'industrie	112
77	Ressources potentielles exploitables de la région de Skikda (2005)	116
78	Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir ( O <sub>2</sub> 90/04)	117
79	Niveau d'altération des eaux du Kebir Ouest ( NH <sub>4</sub> )	118
80	Niveau d'altération des eaux du Kebir Ouest ( DBO <sub>5</sub> 90/04 )	123
81	Indice global de la qualité des eaux)	124
82	Indice d'altération organique (Kebir Ouest)	124
83	Niveau d'altération des eaux du Guebli ( O <sub>2</sub> , 90/04)	126
84	Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli ( NH <sub>4</sub> 90/04)	127
85	Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli ( DBO <sub>5</sub> 90/04)	127
86	Indice de pollution organique (Guebli 1990-2004)	128
87	Indice global de la qualité des eaux de l'oued Guebli	128
88	Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf ( DBO <sub>5</sub> 90/04)	130
89	Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf ( O <sub>2</sub> , 90/04)	130
90	Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf vis à vis NH <sub>4</sub> (90/04) )	131

<b>91</b>	<b>Indice de pollution organique (Safsaf 1990-2004)</b>	<b>131</b>
<b>92</b>	<b>Indice global de la qualité des eaux de l'oued Safsaf</b>	<b>132</b>
<b>93</b>	<b>Indices de pollution organique des eaux des trois oueds (1990/2004</b>	<b>133</b>
<b>94</b>	<b>Evolution annuelle des éléments chimiques (Kebir Ouest 90/04)</b>	<b>135</b>
<b>95</b>	<b>Evolution annuelle des éléments chimiques (Safsaf 90/04)</b>	<b>136</b>
<b>96</b>	<b>Evolution annuelle des éléments chimiques (Guebli 90/04)</b>	<b>137</b>
<b>97</b>	<b>Diagramme de Piper (Guerbez 2001).</b>	<b>140</b>
<b>98</b>	<b>Diagramme de Scholler Berkallof (Guerbez 2001).</b>	<b>140</b>
<b>99</b>	<b>Evolution des chlorures en fonction de la distance a la mer (1988).</b>	<b>141</b>
<b>100</b>	<b>Evolution annuelle des chlorures dans les eaux de Azzaba (1994-2003)</b>	<b>143</b>
<b>101</b>	<b>Evolution annuelle des sulfates dans les eaux de plaine de Azzaba (1994-2003)</b>	<b>143</b>
<b>102</b>	<b>Carte de l'indice de contamination (Avril 2002)</b>	<b>144</b>
<b>103</b>	<b>Evolution des chlorures (Avril 2002).</b>	<b>146</b>
<b>104</b>	<b>Evolution des nitrates (plaine de Azzaba 94/2003)</b>	<b>146</b>
<b>105</b>	<b>Evolution de sulfates (plaine de Azzaba 94/2003)</b>	<b>147</b>
<b>106</b>	<b>Diagramme de Piper (plaine de Skikda 2004/2005)</b>	<b>148</b>
<b>107</b>	<b>Diagramme de Scholler (plaine de Skikda 2004/2005)</b>	<b>149</b>

# *Abbreviations*

## Liste des symboles et abréviations

Million de mètre cube	Mm <sup>3</sup>
Mètre cube par seconde	m <sup>3</sup> /s
Hectomètre cube par an	Hm <sup>3</sup> /an
Agence nationale des barrages	ANB
Agence nationale des ressources hydrauliques	ANRH
Direction de l'hydraulique de wilaya	DHW
Agence des bassins hydrographiques	ABH
Hectare	Ha
Approvisionnement en eau pour l'industrie	AEI
Approvisionnement en eau potable	AEP
Approvisionnement en eau pour l'irrigation	AEA
Transmissivité	T
Coefficient d'emmagasinement	S
Litre par seconde	l/s
Superficie	A
Périmètre	P
Longueur	L
Température.	T
Précipitation	Pr
Ruissellement	R
Infiltration	I
Evapotranspiration réelle	ETR
Evapotranspiration potentielle	ETP
Déficit agricole	Def
excédent	Exd
Bilan hydrique	BH
Retenues collinaires	RC
Demande biologique en oxygène	DBO <sub>5</sub>
Demande chimique en oxygène	DCO
Ammonium	NH <sub>4</sub>
Nitrates	NO <sub>3</sub>
Matières en suspension	MES
Indice de contamination	I <sub>c</sub>
Chlorures	Cl
Sulfates	SO <sub>4</sub>
Milligramme par litre	mg/l

# *Table des matières*

# Table des matières

## Chapitre I : Introduction générale

- I.1 Aperçu sur les ressources en eau au niveau mondial
- I.2 Aperçu sur les ressources en eau au niveau national
- I.3 Aperçu sur les ressources en eau dans les bassins CSM
- I.4 Aperçu général sur la zone d'étude
  - I.4.1 Situation géographique
  - I.4.2 Contexte démographique
  - I.4.3 Contexte agricole
  - I.4.4 Contexte industriel
  - I.4.5 Présentation du travail

## Chapitre II : Aperçu géologique

### Introduction

#### II.1 Le socle Kabyle

- II.1.1 L'unité de Bougaroune
- II.1.2 L'unité de Beni Ferguene (oued Zhour)
- II.1.3 L'unité supérieure

#### II.2 Dorsale Kabyle

- II.2.1 La dorsale interne (chaîne calcaire interne)
- II.2.2 La dorsale médiane (chaîne calcaire médiane)
- II.2.3 La dorsale externe (chaîne calcaire externe)

#### II.3 Les séries à caractère Flyschs

- II.3.1 Flyschs Mauretarien
- II.3.2 Flyschs Massylien
- II.3.3 Flyschs numidien

#### II.4 Les séries telliennes

- II.4.1 Les séries ultra telliennes
- II.4.2 Les séries telliennes
- II.4.3 Les séries peni-telliennes

#### II.5 L'Oligomiocène Kabyle

#### II.6 Les roches éruptives

#### II.7 Le Quaternaire

#### II.8 Les principaux types d'accidents tectoniques

#### II.9 Géologie des formations et intérêt hydrogéologique

#### Conclusion

## Chapitre III : Aperçu géomorphologique

### Introduction

#### III.1 Zones de montagnes

#### III.2 Zone de plaines

- III.2.1 Le bassin versant du Kebir Ouest
- III.2.2 Le bassin versant de l'oued Safsaf
  - III.2.2.1 Sous bassin de Zeramna

- III.2.2.2 Sous bassin de l'oued Ghbel
- III.2.2.3 Sous bassin de l'oued Haddarats
- III.2.3 le bassin versant de l'oued Guebli
  - III.2.3.1 Sous bassin d'Oum Toub
  - III.2.3.2 Sous bassin de Tamalous
- III.3.3.3 Sous bassin de Collo
- III.3 Zones de plages
- Conclusion

## **Chapitre IV : Aperçu hydrogéologique**

### **Introduction**

#### **IV.1 Aperçu sur les systèmes aquifères**

- IV.1.1 La plaine de Collo
- IV.1.2 La plaine de oued Zhour
- IV.1.3 La vallée de l'oued Safsaf
- IV.1.4 Le bassin versant du Kebir Ouest
- IV.1.5 Le massif dunaire de Guerbez

#### **IV.2 La carte d'extension de nappes**

#### **IV.3 Aperçu sur l'hydrologie de surface**

- IV.3.1 Les oueds
  - IV.3.1.1 L'oued Kebir Ouest
  - IV.3.2 L'oued Safsaf
  - IV.3.3 L'oued Guebli
- IV.3.2 Les barrages
  - IV.3.2.1 Barrage de Zerdazas
  - IV.3.2.2 Barrage de Guenitra
  - IV.3.2.3 Barrage de Beni Zid
  - IV.3.2.4 Barrage de Zit Emba
- IV.3.3 Les retenues collinaires

### **Conclusion**

## **Chapitre : V. Aperçu climatologique**

### **Introduction**

#### **V.1 Choix des stations de référence**

#### **V.2 Etude des facteurs climatique**

- V.2.1 Précipitation
- V.2.2 Répartition saisonnière des précipitations
- V.2.3 Températures

#### **V.3 détermination du type de climat**

#### **V.4 Calcul du coefficient pluviométrique**

#### **V.5 Diagramme pluviothermique**

#### **V.6 Calcul du bilan hydrologique**

- V.6.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)
- V.6.2 Estimation du ruissellement
- V.6.3 Estimation de l'infiltration
- V.6.4 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

#### **V.7 Calcul du bilan hydrique de C.W. Thorntwaite**

### **Conclusion**

## **Chapitre VI : Evaluation approximative du potentiel hydrique de la région**

### **Introduction**

#### **VI.1 Calcul du potentiel hydrique superficiel**

##### **VI.1.1 Les oueds**

##### **VI.1.2 Les barrages**

##### **VI.1.3 Les retenues collinaires**

##### **VI.1.4 Dessalement de l'eau de mer**

#### **VI.2 Calcul du potentiel hydrique souterrain**

##### **VI.2.1 Les forages**

##### **VI.2.2 Les puits**

##### **VI.2.3 Les sources**

#### **VI.3 Les potentialités totales reconnues et leurs répartition**

#### **VI.4 Situation actuelle de l'AEP dans la région de Skikda**

#### **VI.5 Les besoins futurs en eau dans la wilaya de Skikda**

##### **VI.5.1 Les besoins futurs en eau potable dans la wilaya**

##### **VI.5.2 Les besoins futurs en eau pour l'agriculture**

##### **VI.5.3 Les besoins en eau pour l'industrie**

### **Conclusion**

## **Chapitre VII. Aperçu sur le chimisme et la qualité des eaux de la région**

### **Introduction**

#### **VII.1 Chimisme et qualité des eaux superficielles (oueds)**

##### **VII.1.1 Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir Ouest**

###### **VII.1.1.1 Classe de qualité et indice global des eaux du K O**

##### **VII.1.2 Niveau d'altération des eaux de l'oued guebli**

###### **VII.1.2.1 Classe de qualité et indice global (Guebli)**

##### **VII.1.3 Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf**

###### **VII.1.3.1 Classe de qualité et indice global (Safsaf)**

##### **VII.1.4 Evolution des nitrates dans les eaux des oueds**

###### **VII.1.4.1 L'oued Kebir Ouest**

###### **VII.1.4.2 L'oued Safsaf**

###### **VII.1.4.3 L'oued Guebli**

###### **VII.1.4.4 Evolution annuelle des sels minéraux**

###### **VII.1.4.5 Evolution annuelle des particules en suspension**

#### **VII.2 Qualité des eaux souterraines**

##### **VII.2.1 Les eaux du massif dunaire de Guerbez**

##### **VII.2.2 Les eaux de la plaine de Azzaba**

###### **VII.2.2.1 évolution annuelle des nitrates**

###### **VII.2.2.2 évolution annuelle des chlorures**

###### **VII.2.2.3 Evolution annuelle des sulfates**

##### **VII.2.3 Les eaux de la vallée du Safsaf (Safsaf et Zeramna)**

###### **VII.2.3.1 Evolution des éléments chimiques**

### **Conclusion**

### **Conclusion générale**

## **Chapitre I : Introduction générale**

- I.1 Aperçu sur les ressources en eau au niveau mondial**
- I.2 Aperçu sur les ressources en eau au niveau national**
- I.3 Aperçu sur les ressources en eau dans les bassins CSM**
- I.4 Aperçu général sur la zone d'étude**
  - I.4.1 Situation géographique**
  - I.4.2 Contexte démographique**
  - I.4.3 Contexte agricole**
  - I.4.4 Contexte industriel**
  - I.4.5 Présentation du travail**

## **Chapitre II : Aperçu géologique**

### **Introduction**

#### **II.1 Le socle Kabyle**

- II.1.1 L'unité de Bougaroune**
- II.1.2 L'unité de Beni Ferguene (oued Zhour)**
- II.1.3 L'unité supérieure**

#### **II.2 Dorsale Kabyle**

- II.2.1 La dorsale interne (chaîne calcaire interne)**
- II.2.2 La dorsale médiane (chaîne calcaire médiane)**
- II.2.3 La dorsale externe (chaîne calcaire externe)**

#### **II.3 Les séries à caractère Flyschs**

- II.3.1 Flyschs Mauretaniens**
- II.3.2 Flyschs Massyliens**
- II.3.3 Flyschs numidiens**

#### **II.4 Les séries telliennes**

- II.4.1 Les séries ultra telliennes**
- II.4.2 Les séries telliennes**
- II.4.3 Les séries peni-telliennes**

#### **II.5 L'Oligomiocène Kabyle**

#### **II.6 Les roches éruptives**

#### **II.7 Le Quaternaire**

#### **II.8 Les principaux types d'accidents tectoniques**

#### **II.9 Géologie des formations et intérêt hydrogéologique**

#### **Conclusion**

## **Chapitre III : Aperçu géomorphologique**

### **Introduction**

#### **III.1 Zones de montagnes**

#### **III.2 Zone de plaines**

- III.2.1 Le bassin versant du Kebir Ouest**
- III.2.2 Le bassin versant de l'oued Safsaf**
  - III.2.2.1 Sous bassin de Zeramna**
  - III.2.2.2 Sous bassin de l'oued Ghbel**
  - III.2.2.3 Sous bassin de l'oued Haddarats**
- III.2.3 le bassin versant de l'oued Guebli**

- III.2.3.1 Sous bassin d'Oum Toub
- III.2.3.2 Sous bassin de Tamalous
- III.3.3.3 Sous bassin de Collo
- III.3 Zones de plages
- Conclusion

## Chapitre IV : Aperçu hydrogéologique

### Introduction

- IV.1 Aperçu sur les systèmes aquifères
  - IV.1.1 La plaine de Collo
  - IV.1.2 La plaine de oued Zhour
  - IV.1.3 La vallée de l'oued Safsaf
  - IV.1.4 Le bassin versant du Kebir Ouest
  - IV.1.5 Le massif dunaire de Guerbez
- IV.2 La carte d'extension de nappes
- IV.3 Aperçu sur l'hydrologie de surface
  - IV.3.1 Les oueds
    - IV.3.1.1 L'oued Kebir Ouest
    - IV.3.2 L'oued Safsaf
    - IV.3.3 L'oued Guebli
  - IV.3.2 Les barrages
    - IV.3.2.1 Barrage de Zerdazas
    - IV.3.2.2 Barrage de Guenitra
    - IV.3.2.3 Barrage de Beni Zid
    - IV.3.2.4 Barrage de Zit Emba
  - IV.3.3 Les retenues collinaires
- Conclusion

## Chapitre : V. Aperçu climatologique

### Introduction

- V.1 Choix des stations de référence
- V.2 Etude des facteurs climatique
  - V.2.1 Précipitation
  - V.2.2 Répartition saisonnière des précipitations
  - V.2.3 Températures
- V.3 détermination du type de climat
- V.4 Calcul du coefficient pluviométrique
- V.5 Diagramme pluviothermique
- V.6 Calcul du bilan hydrologique
  - V.6.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)
  - V.6.2 Estimation du ruissellement
  - V.6.3 Estimation de l'infiltration
  - V.6.4 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)
- V.7 Calcul du bilan hydrique de C.W. Thornthwaite
- Conclusion

## Chapitre VI : Evaluation approximative du potentiel hydrique de la région

## **Introduction**

### **VI.1 Calcul du potentiel hydrique superficiel**

#### **VI.1.1 Les oueds**

#### **VI.1.2 Les barrages**

#### **VI.1.3 Les retenues collinaires**

#### **VI.1.4 Dessalement de l'eau de mer**

### **VI.2 Calcul du potentiel hydrique souterrain**

#### **VI.2.1 Les forages**

#### **VI.2.2 Les puits**

#### **VI.2.3 Les sources**

### **VI.3 Les potentialités totales reconnues et leurs répartition**

### **VI.4 Situation actuelle de l'AEP dans la région de Skikda**

### **VI.5 Les besoins futurs en eau dans la wilaya de Skikda**

#### **VI.5.1 Les besoins futurs en eau potable dans la wilaya**

#### **VI.5.2 Les besoins futurs en eau pour l'agriculture**

#### **VI.5.3 Les besoins en eau pour l'industrie**

## **Conclusion**

## **Chapitre VII. Aperçu sur le chimisme et la qualité des eaux de la région**

### **Introduction**

#### **VII.1 Chimisme et qualité des eaux superficielles (oueds)**

##### **VII.1.1 Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir Ouest**

###### **VII.1.1.1 Classe de qualité et indice global des eaux du K O**

##### **VII.1.2 Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli**

###### **VII.1.2.1 Classe de qualité et indice global (Guebli)**

##### **VII.1.3 Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf**

###### **VII.1.3.1 Classe de qualité et indice global (Safsaf)**

##### **VII.1.4 Evolution des nitrates dans les eaux des oueds**

###### **VII.1.4.1 L'oued Kebir Ouest**

###### **VII.1.4.2 L'oued Safsaf**

###### **VII.1.4.3 L'oued Guebli**

###### **VII.1.4.4 Evolution annuelle des sels minéraux**

###### **VII.1.4.5 Evolution annuelle des particules en suspension**

#### **VII.2 Qualité des eaux souterraines**

##### **VII.2.1 Les eaux du massif dunaire de Guerbez**

##### **VII.2.2 Les eaux de la plaine de Azzaba**

###### **VII.2.2.1 évolution annuelle des nitrates**

###### **VII.2.2.2 évolution annuelle des chlorures**

###### **VII.2.2.3 Evolution annuelle des sulfates**

##### **VII.2.3 Les eaux de la vallée du Safsaf (Safsaf et Zeramna)**

###### **VII.2.3.1 Evolution des éléments chimiques**

## **Conclusion**

## **Conclusion générale**

# *Introduction*

## INTRODUCTION GENERALE

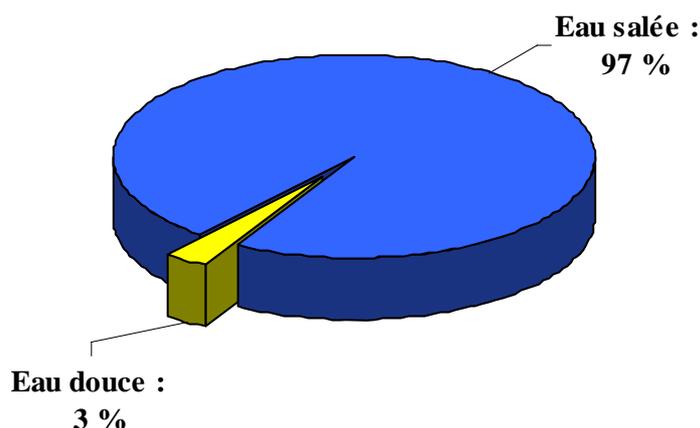
### I.1 Aperçu sur les ressources en eau au niveau mondial

L'eau douce, essentielle à la vie, l'environnement et le soutien d'activités économiquement productives n'est pas une ressource infinie, elle est inégalement répartie par la nature sur la surface de la terre.

A l'heure actuelle, 1.1 milliard de personnes (17 %) de la population n'a pas accès à un approvisionnement sûr en eau, tandis que 2.4 milliard de personnes (40 %) manque d'installations sanitaires adéquates. La majorité des personnes concernées habitent en Afrique et en Asie (d'après la FAO 1999).

Par ailleurs, la croissance démographique, l'urbanisation rapide et le développement économique pèsent lourdement sur les ressources hydriques. Dans les pays en voie de développement l'approvisionnement en eau dépend de larges fluctuations saisonnières (sécheresse et inondation).

Les réserves en eau disponibles à la surface du globe sont de l'ordre de 1386 millions  $\text{Km}^3$  (Detay, M 1997). Les mers et les océans constituées d'eau salée représentent 97 % du stock d'eau au niveau mondial et les 3 % restant représentent les eaux continentales (eau souterraine, glaciers, rivières et lacs) (Fig : 1).



**Fig. : 1 - Réserve en eau au niveau mondial : 1386 millions  $\text{Km}^3$**

Les trois quart (75 %) d'eau douce constituent les glaciers, très peu accessibles et moins de 1 % de l'eau totale forme les eaux souterraines alors que moins de 0.01 % de l'eau forme les eaux de surface (Fig : 2)

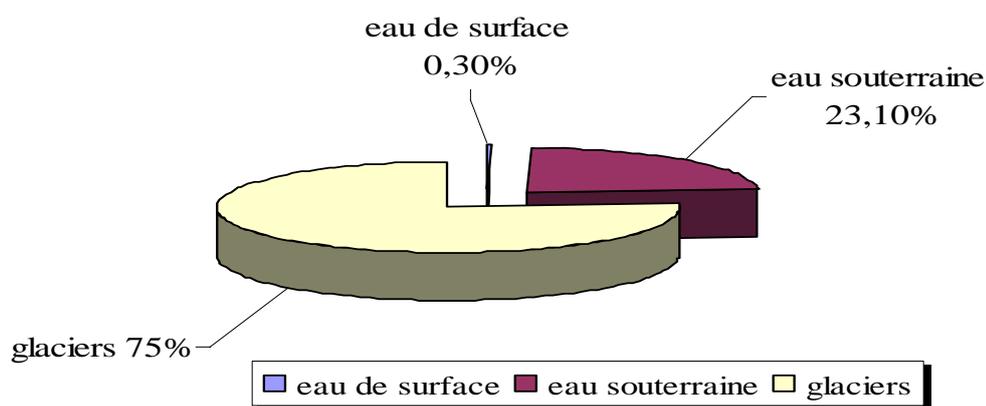


Fig 2 Stock d'eau continentale 36 millions de  $\text{Km}^3$  au niveau mondial (1990)

## I.2- Aperçu sur les ressources en eau au niveau national :

Le pays est subdivisé en cinq bassins hydrographiques d'une superficie totale de  $2243229 \text{ Km}^2$  regroupant 19 bassins versants.

Les ressources en eau superficielle renouvelables totales sont estimées à  $13.2 \text{ Km}^3/\text{an}$  dans l'ensemble du pays dont le Sahara, bassin le plus important par la surface, ne renferme que  $0.6 \text{ Km}^3$  (d'après la FAO).

Les ressources en eau souterraine renouvelables contenues dans les nappes du Nord du pays sont estimées à près de  $1.7 \text{ Km}^3/\text{an}$ , ces nappes sont alimentées essentiellement par les précipitations dont la répartition demeure irrégulière à la fois dans l'espace et dans le temps.

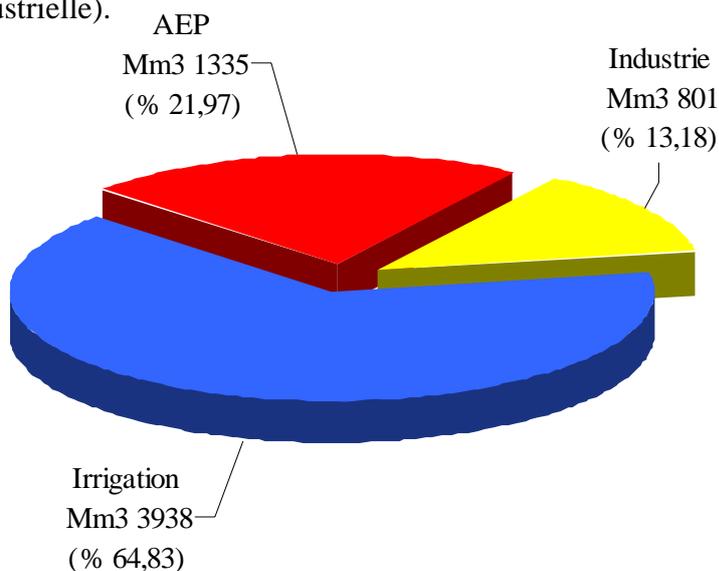
Le Sud du pays est caractérisé par l'existence de la nappe du Continental Intercalaire (eau souterraine fossile très peu alimentée vu les conditions climatiques actuelles) dont l'alimentation est estimée à  $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1992, contre des sorties de l'ordre de  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  (UNESCO, 1972 et Dubost, 1992) et celle du Complexe Terminal qui abrite elle-même trois aquifères à importance variable (Fig : 3).

La capacité totale des 48 barrages des 5 bassins hydrographiques est d'environ de  $6 \text{ Km}^3$  en 2003, cependant avec l'envasement de ces ouvrages il est estimé que cette capacité a diminuée de 25 %.

Le dessalement de l'eau de mer existe déjà avec 14 stations dans 3 des bassins hydrographiques pour une capacité de  $47000 \text{ m}^3/\text{jour}$  soit 17.155 millions de  $\text{m}^3/\text{an}$  (FAO 1999).

Les ressources en eau (souterraine et superficielles) prélevées en 2000 sont estimées à 6074 millions  $\text{m}^3$  dont 3938 millions de  $\text{m}^3$  pour l'irrigation (65 %), 1335 millions de  $\text{m}^3$  pour les usages domestiques (22 %) avec un volume rejeté de 600 millions de  $\text{m}^3$  (eau usée

domestique) et 801 millions de m<sup>3</sup> pour l'industrie (13 %) avec un volume rejeté de 20 millions de m<sup>3</sup> (eau usée industrielle).



**Fig. : 3 Ressources en eau prélevées en l'an 2000 en Algérie : 6074 Mm<sup>3</sup> (FAO 1999)**

### **I.3. Aperçu sur les ressources en eau au niveau du bassin Constantinois-Seybouse-Mellegue :**

La région du (Constantinois-Seybouse-Mellegue) couvre une superficie de 44348 Km<sup>2</sup> et regroupe les bassins versants suivants: (ABH 2002)

- Kebir Rhumel avec 8811 Km<sup>2</sup>.
- Seybouse avec 6471 Km<sup>2</sup>.
- Medjerda-Mellegue avec 7942 Km<sup>2</sup>.
- Hauts Plateaux Constantinois avec 9615 Km<sup>2</sup>.
- Côtiers Constantinois avec 11509 Km<sup>2</sup>.

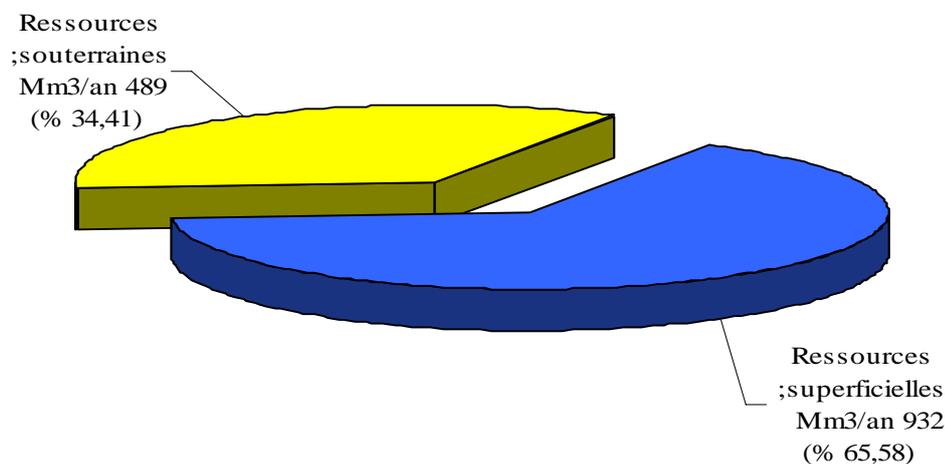
Le bassin hydrographique (Côtiers Constantinois) est situé dans le littoral nord de l'Est Algérien .il est subdivisé à son tour en trois bassins versants :

- Côtiers Ouest avec 2724 km<sup>2</sup> soit 23.67 % de la superficie totale.
- Côtiers Est avec 3203 Km<sup>2</sup> soit 27.83 % de la superficie totale.
- Côtiers Centre avec 5582 Km<sup>2</sup> soit 48.50 % de la superficie totale. (Terrain d'étude).

Les ressources du bassin global sont les suivantes : (Fig : 4)

- les ressources souterraines mobilisées sont de 489 hm<sup>3</sup>/ an (1798 forages).

- Les ressources superficielles mobilisées sont de 932 Hm<sup>3</sup>/ an (15 barrages). Soit un Volume total mobilisé (souterrain et superficiel) de 1421 hm<sup>3</sup>/ an.



**Fig. : 4 - Les ressources globales mobilisées dans le bassin Constantinois-Seybouse-Mellegue**

## I.4 APERÇU GENERAL SUR LA ZONE D'ETUDE

### I.4.1 Situation géographique :

La région d'étude (Skikda) est située au Nord Est de l'Algérie ses principales limites sont : (Fig : 6)

- Au Nord la mer méditerranée.
- Au Sud la wilaya de Constantine et de Guelma.
- A l'Est la wilaya de Annaba.
- A l'Ouest la wilaya de Jijel et Mila.

### I.4.2 contexte démographique:

La wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4138 Km<sup>2</sup> (ABH) elle comprend 13 Daïras regroupant en total 38 communes.

Sa population est en évolution constante selon le RGPH de 1995 elle comptait 840302 habitants actuellement (2005) avec un taux d'accroissement moyen de 3.32 % sa population est de 1129295 habitants (Fig : 5)

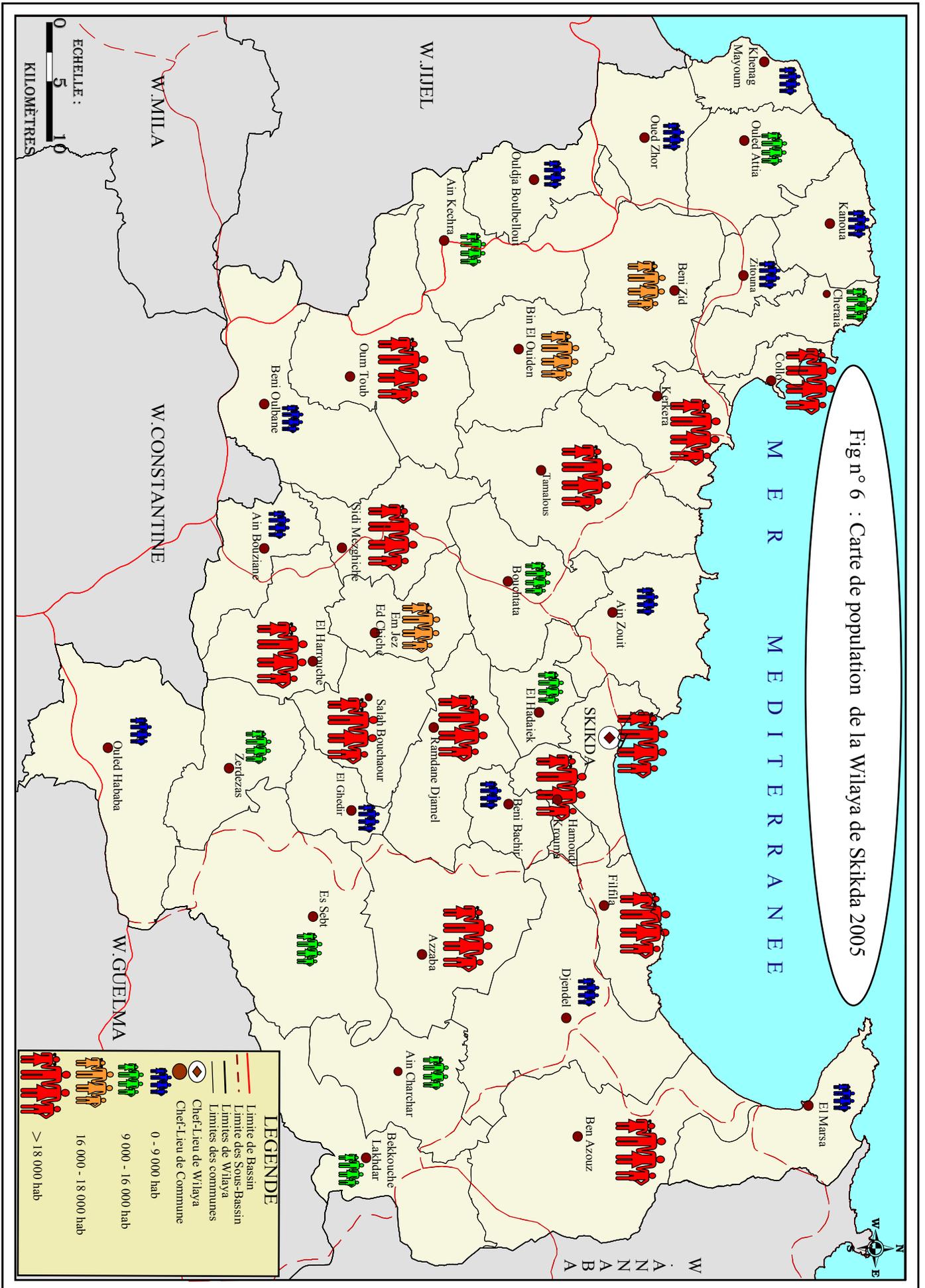
Les parties les plus peuplées sont les grandes agglomérations telles que :

- Skikda (Daira) avec 212266 habitants en 1995 et 285267 habitants en 2005.

- El Harrouch avec 109034 habitants en 1995 et 146532 en 2005.
- Azzaba avec 100035 habitants en 1995 et 134046 en 2005.
- Collo avec 69115 habitants en 1995 et 92614 habitants en 2005.



Fig : 5 Situation géographique de la région d'étude (Skikda).



Dairas	Population (1995)	Population (2005)
Skikda	212266	285267
El Harrouch	109034	146532
Azzaba	100035	134046
Collo	69115	92614

**Tab : 1 - Evolution de la population de la wilaya de Skikda (1995/2005)  
avec un taux d'accroissement de 3.32 %**

### I.4.3 Contexte agricole

La wilaya de Skikda est une région à vocation agricole avec 191119 ha affectés à l'agriculture, les forêts représentent 194362 ha.

La superficie agricole utile qui est de 131879 ha se trouvant principalement dans les hauts piémonts et les montagnes qui représente 31 % de la superficie totale de la wilaya (413768 ha).

Les grands périmètres sont irrigués par les eaux des barrages (8600 ha) et les périmètres agricoles de moindres importances utilisent l'eau des forages, puits et retenues collinaires.

Le mode d'irrigation est mixte ; traditionnelle (gravitaire et seguia avec 7457 ha) et moderne (aspersion avec 1930 ha) et cela selon le type de culture. (Fig : 7)

Les principales cultures dans la wilaya de Skikda sont :

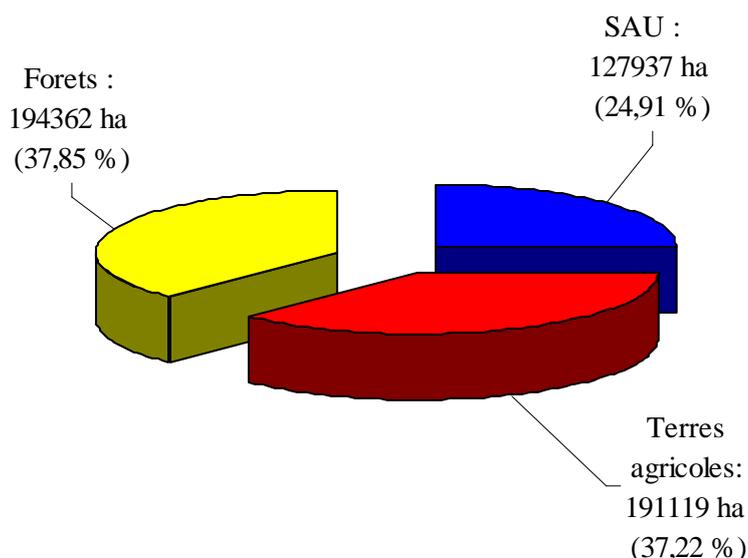
Les céréales.

Cultures maraîchères (2870 ha).

Cultures fourragères.

Arboriculture (2130 ha).

Cultures industrielles (2891 ha).



**Fig : 7 - Répartition des terres dans la région de Skikda**

#### **I.4.4 Contexte industriel:**

Les industries sont fortement concentrées autour des grandes agglomérations telles que Skikda, Azzaba, El Harrouch, Ben Azzouz et Collo :(Fig : 8)

A **Skikda** se trouvent :

- le complexe de liquéfaction du gaz naturel (GL.1K).
- complexe de raffinage (distillats de pétrole brut).
- Complexe des matières plastiques.
- Transport des hydrocarbures pétrole brut et gaz naturel.
- Enamarbre (blocs et dalles de marbre).
- La centrale thermique (AEI à partir de l'eau de mer).
- Oxygène, Azote et Argon liquide (ENGI).

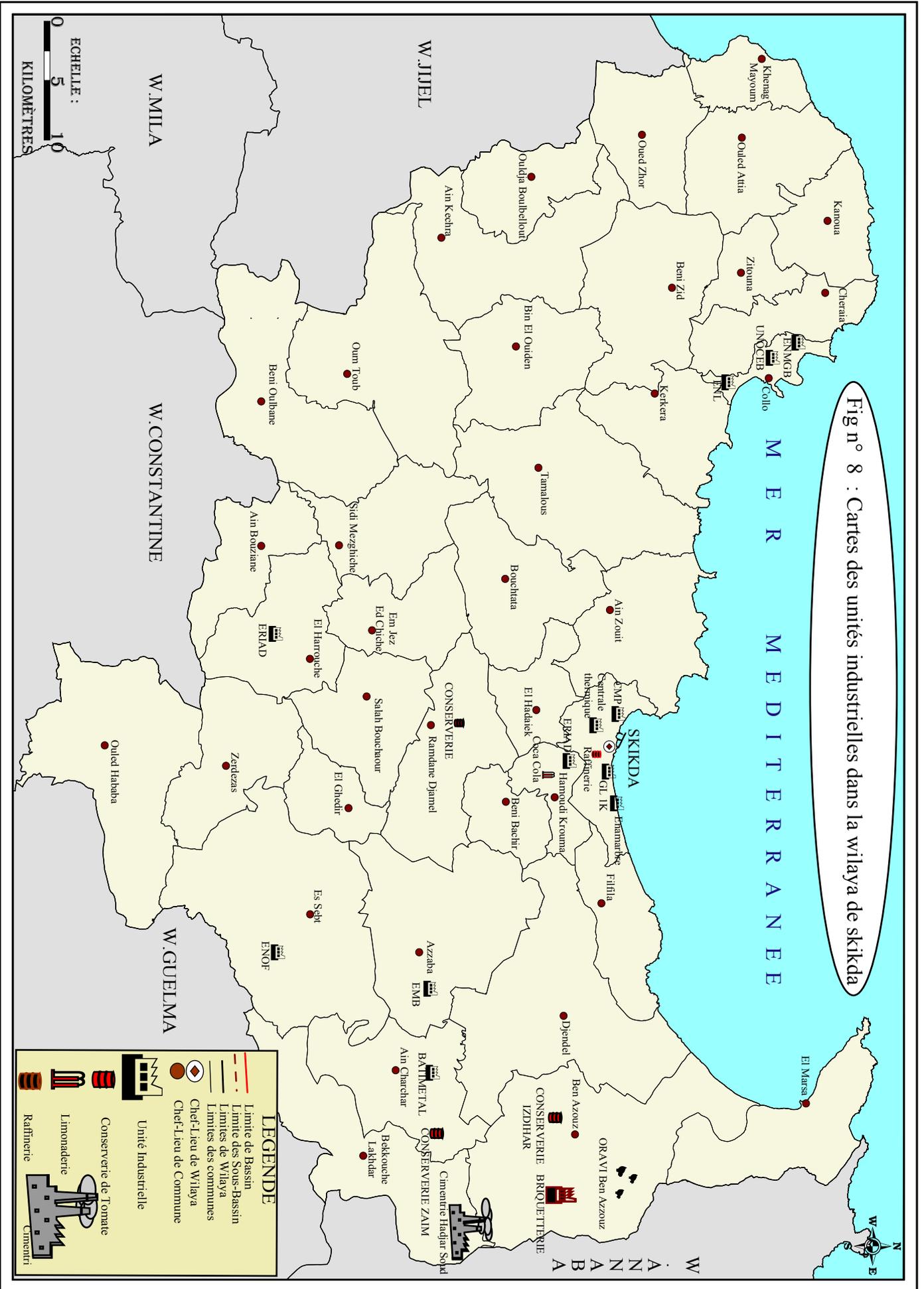
A **Azzaba** se trouvent :

- -L'usine de production de mercure (ENOF)
- -Emballage métallique (EMB).

A **Collo** se trouvent :

- La menuiserie bois et aluminium (ENMGP).
- Le conditionnement du poisson (UNOCEP).
- Transformation du liège (ENL).

Ajoutant à cela, la minoterie et production de pâtes (ERIAD) à H Krouma, minoterie et semoulerie (ERIAD) à El Harrouch, la conserverie de Ben Azzouz et celle de Dj. Ramdane et la production du ciment à L. Bekhouche.



### I.4.5- Présentation du travail

Le présent travail est une synthèse des données relatives aux eaux souterraines et superficielles récoltées au niveau de différentes agences (ANRH, ABH, ANB...) et compléter par des déplacements sur terrain (enquêtes). Il est constitué de cartes de la région d'étude et de tableaux, graphiques et textes explicatifs.

Il va répondre même partiellement aux diverses questions qui se posent sur le volume, la nature et les sources des différentes pollutions entraînées par les oueds de la wilaya de Skikda ainsi que la détermination du degré de la pollution en vue de futurs aménagements (ex : emplacement de station d'épuration, périmètres de protections...).

Ce travail est consigné dans sept chapitres, *le premier* chapitre est une partie introductive qui décrit d'une manière globale la zone d'étude. *Le deuxième* présentera le terrain d'étude du point de vue lithologie (formations géologiques). *Le troisième* chapitre traitera les diverses formes structurales existantes dans le terrain (géomorphologie et reliefs). *Le quatrième* chapitre traitera les facteurs climatiques de la région, type de climat et le bilan hydrique. *Le cinquième* chapitre présentera un aperçu global des aquifères de la région (hydrogéologie) et hydrologie de surface. *Le sixième* chapitre présentera la ressource souterraine et superficielle de la zone d'étude (forages, puits, sources, oueds, barrages, retenues collinaires). *Le septième* chapitre présentera à son tour les différents modes d'acquisition du chimisme des eaux de la région et leur qualité (chimisme et degrés de pollution).

Enfin l'ensemble des résultats est discuté avec une approche méthodologique et des recommandations pour la gestion adéquate et durable de la ressource sont proposées dans la conclusion générale.

*géologie*

## II.Géologie

### Introduction

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. Cette analyse permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère.

Le terrain d'étude (Skikda) se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrebides. Il s'étend entre le massif des Babors à l'ouest et le massif de l'Edough à l'Est sur plus de 150 kilomètres le long du littoral.

D'après J.M. Villa (1980) on distingue du nord vers le sud les quatre grandes unités structurales suivantes :( Fig : 9)

- Le socle kabyle.
- La dorsale kabyle.
- Les séries à caractère flyschs.
- Les séries telliennes.
- L'Oligomiocène Kabyle.
- Les roches éruptives.
- Le Quaternaire.

### II-1 Le socle kabyle

Ce sont des formations paléozoïques qui servent de substratum à la chaîne calcaire, ils affleurent surtout à l'ouest de Skikda dans la Kabylie de Collo, ailleurs on le retrouve que sous forme de petits lambeaux. Il a été étudié par I. Jolaud (1912), G. Betier (1931), M. Roubault (1934), M. Durant-Delga (1955), J.F. Raoult (1974) et J.P. Bouillin (1977).

Le socle kabyle est composé de trois ensembles superposés, deux ensembles de roches métamorphiques et un dernier ensemble principalement sédimentaire avec de bas en haut on trouve les unités suivantes :

#### II.1 .1 L'unité de Bougaroune

Cette unité montre une structure en bloc faillée emballer dans le granite miocène région de Collo. Elle est représentée par un ensemble comportant des gneiss à

plagioclases sillimanite, grenat, dans lesquels sont intercalées des lentilles de marbre et d'amphibolites qui apparaissent à l'extrême Nord Ouest de la zone d'étude.

### **II.1.2 L'unité de Beni-Ferguene (oued Zhour).**

Cette unité vient reposer au-dessus du premier ensemble métamorphique, elle comporte de bas en haut :

- Une alternance de métapélites claires et sombres ; des lentilles de pyroxénites et des granites à grains fins orthogneissifiés et à couronne de grenat.
- Des métapélites dans lesquels s'intercalent des dalles d'ortho gneiss.
- Des paras gneiss recoupé par des amphibolites.
- Cette unité est chevauchée au Sud par l'unité supérieure (unité de socle S.S) est recouverte au Nord par des formations de Numidien, de l'oligomiocène kabyle et les olistostromes ,l'ensemble de cette unité est recoupé par des granites du Miocène de Beni-Touffout.

### **II.1.3 L'unité supérieure**

Elle est constituée de bas en haut par :

- Une série para gneissique intriquée par des granites surmontée par des marbres et des micaschistes à biotite.
- Une alternance de grès de métapélites et des lentilles de marbre.
- Une série schisteuse constituée de schistes noirs.

Ces terrains cristallophylliens ainsi que leur couverture sédimentaire sont charriés sur une trentaine 30 de kilomètres sur les terrains mésozoïques et paléogènes près de la région de Ain Kechera.

## **II.2 Dorsale Kabyle**

Cette unité a été nommée chaîne liasique (Ficher.1903), chaîne calcaire (Glangeand, 1932) ou encore dorsale kabyle Durant, Delga, 1969.(Fig : 10)

Elle représente la couverture méridionale du socle kabyle. Ces formations sont essentiellement carbonatées d'âge Mésozoïque et Tertiaire, elles sont développées sur près de 90 Km d'Ouest en Est depuis le Djebel Sidi Driss jusqu'à Zit Emba (Raoult

1974, J.M.Vila 1980). La dorsale kabyle est subdivisée en trois sous unités superposées. On distingue de bas en haut :

- La dorsale interne.
- La dorsale médiane.
- La dorsale externe.

### **II.2.1 La dorsale interne (chaîne calcaire interne) :**

La totalité des niveaux sur une même transversale n'est pas observée dans la région d'étude, la série est donc lacuneuse et très souvent condensée, de bas en haut sont visibles les formations suivantes :

- Permo-Trias : minces pelites de grès rouge violacé.
- Lias inférieur : calcaires blancs, massifs ou en gros bancs d'une épaisseur de 30 à 70 m.
- Carixien à Néocomien : calcaires lites glauconieux à silex gris et marno-calcaires jaunâtres.
- Paleocene-Ypresien : calcaires dolomitiques sombres et sableux.
- Lutétien supérieur : calcaires massifs ou grossièrement lites à patine blanche

Tout cet ensemble repose sur un paléozoïque.

On retrouve ces formations dans la région de Kef Toumiet ou elles représentent l'essentiel des reliefs. (Figure : 10 ).

### **II.2.2 La dorsale médiane (chaîne calcaire médiane)**

Elle est surtout caractérisée par la présence des dépôts calcaires à microfaunes pélagiques du Crétacé supérieur au Lutétien, ces formations sont surtout retrouvés dans le Djebel Bou Aded ou J.F. Raoult (1974) a pu établir la colonne stratigraphique comportant de bas en haut la lithologie suivante :

- Un banc épais de pelites et grés du Permo-Trias.
- Suivi de calcaires graveleux.
- Un banc de calcaires blancs massifs du Lias inférieur.
- Un banc moins épais marno-calcaires lité du Dogger.
- Banc de calcaires et marnes surmontés par des conglomérats et marne

**II.2.3 La dorsale externe (chaîne calcaire externe)**

Elle se caractérise par une forte épaisseur des calcaires massifs du Lias inférieur, des conglomérats à gros galets se trouvant dans le Djebel Rhedir et celui de Sidi Driss. De bas en haut on distingue la succession suivante :

- Large banc de pélites, argiles et grés.
- Calcaires blancs massifs du Lias inférieur.
- Calcaires lités à silex du Dogger surmontés par des conglomérats et marnes. (Figure :10).

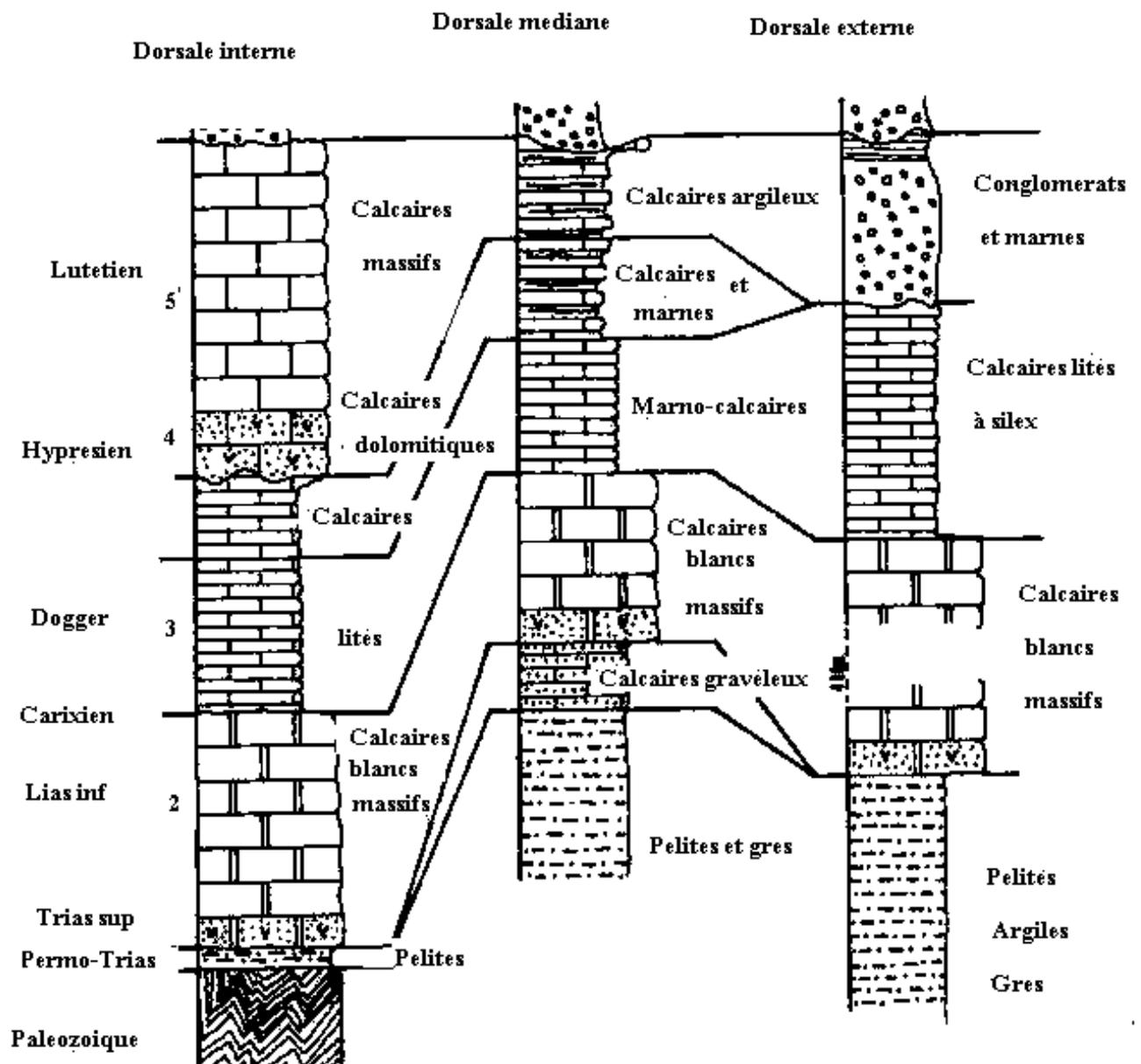


Fig. : 9 - Colonne stratigraphique et synthétique de la chaîne calcaire (dorsale Kabyle) par J.F.Raoult 1974).

### II.3 Les Séries à Caractère Flyschs

En Algérie les terrains allochtones sont d'âge Crétacé à Eocène on distingue trois types de flyschs : (Fig : 11)

- Flyschs Mauritanien.
- Flyschs Massylien.
- Flyschs Numidien.

#### II.3.1 Flyschs Maurétanien.

Le terme Mauritanien rassemble aujourd'hui les séries antérieurement distinguées par les noms de flysch de Guerrouch et de flysch de Penthivière. Sur le versant nord du djebel Sidi Driss, le long de l'oued Khorchef, J.F RAOULT (1974) a pu définir la colonne stratigraphique suivante : (Fig : 11)

- Une alternance de marnes grises et de turbidites calcaires.
- Un ensemble de grés homométrique attribué à l'Albo-Aptien.
- Localement des phtanites rouges et blanches du Cénomanién supérieur.
- Les microbreches à ciment riche en quartz détritique d'âge Sénonien.
- Au sommet des conglomérats puis des grés micacés Tertiaires (Eocène à Oligocène).

#### II.3.2 Flyschs Massy liens

La série s'étend essentiellement sur le versant Nord du djebel Sidi Driss, elle présente une part importante de marnes et d'argiles ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissement et de ravinement.

Selon J.f Raoult (1974) ce type de flysch se comporte de trois termes :

- Flysch Albo-Aptien : argiles et grés plus ou moins quartzitiques en bancs minces (10 à 30 cm).
- Niveau à phtanites ou à brèches colorées.
- Flysch à microbreches du Cenomanién-Sénonien inférieur avec des marnes gris et des calcaires fins jaunes a rosés.

II.3.3 Flyschs numidiens

Selon (Bouillin1979) ce flysch comporte trois termes :

- A la base des argiles de teinte verte, rouge et violacées, à tubatornaculum dont le sommet est d'âge Oligocène supérieur.
- Des grès à grains de quartz heterométrique d'âge Aquitainien à Burdigalien inférieur (Miocène).
- Et au sommet l'ensemble est surmonté par des argiles.

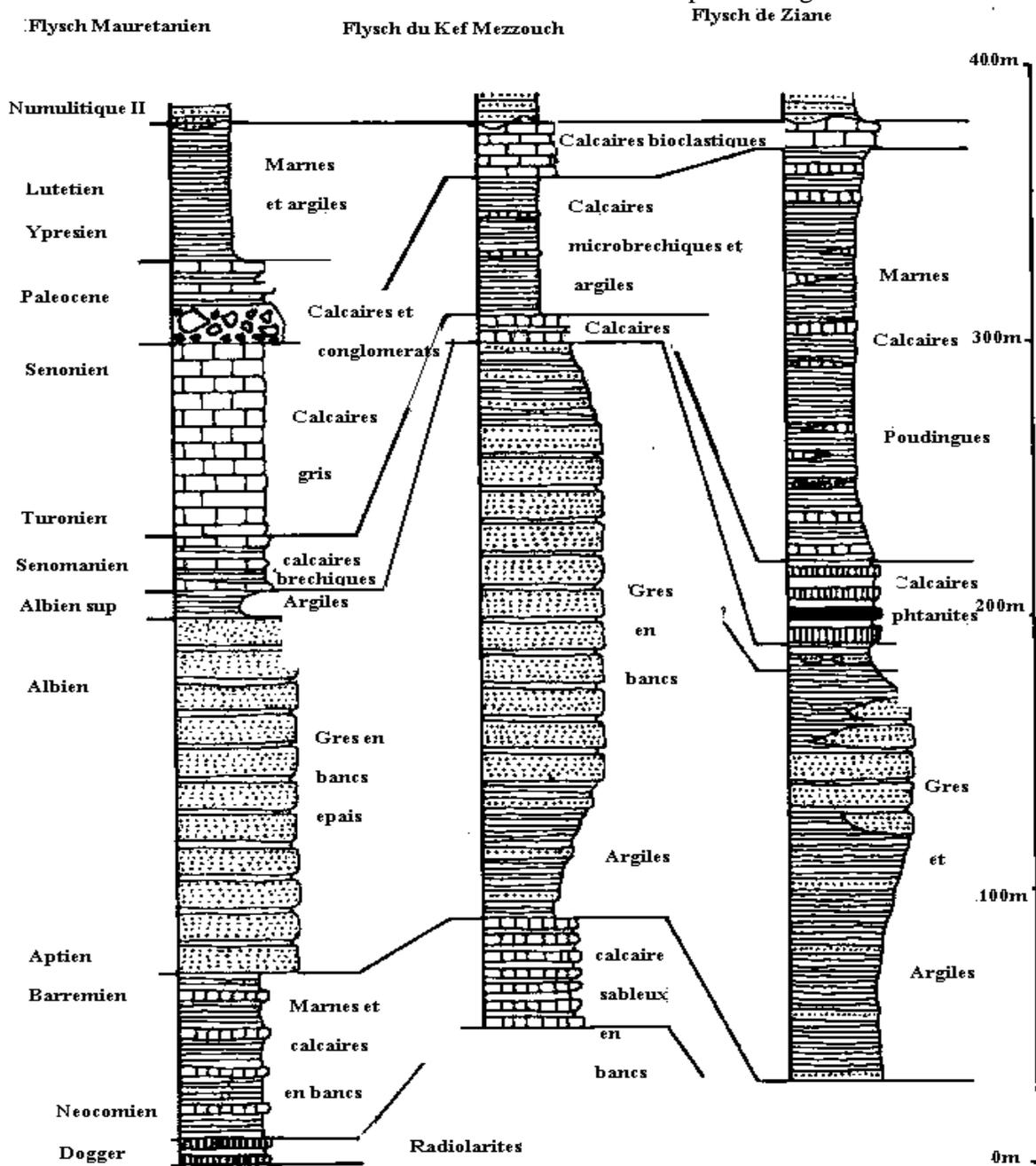


Fig. : 10 - Colonne stratigraphique et synthétique des séries mauritanienne (D'après J.F. Raoult 1974).

## **II.4 Les séries telliennes**

Elles ont été étudiées par plusieurs géologues ; ces derniers ont pu définir plusieurs séries telliennes.

L'une des caractéristiques de ces séries est leur faciès marno-calcaire du Néocomien

Dans la partie du Tell Oriental algérien ce sont les séries ultra telliennes qui sont les plus étendues (Figure : 12, 14).

Du nord vers le sud on distingue :

- Les séries ultra telliennes.
- Les séries telliennes (sens strict).
- Les séries peni-telliennes.

### **II.4.1 Les séries ultra telliennes :**

Définies en 1969 par M. Durand Delga, et étudiées notamment par J.P BOUILLIN (1977), J.F RAOULT (1974) et J.M VILA (1980), elles se caractérisent par un faciès essentiellement marneux et clair avec quelques bancs de calcaire, ce qui donne en general des reliefs mous ou les formes de glissement son nombreuses, de plus, quelques bancs calcaires plus ou moins épais. On peut rencontrer ces séries au niveau de Djebel sidi Driss et celui de Safia (Figure :12, 14 ).

Dans la région de Sidi Driss, on distingue deux séries ultra telliennes tectoniquement superposées : l'unité supérieur (dite de Braham) et l'unité inférieure (dite de Oulbane).

### **II.4.2 Les séries telliennes (sens strict)**

Ces séries vont du Trias au Lutétien et présentent des variations du faciès dans le temps. A un Lias de plate forme succède un Jurassique plus marneux ; le Crétacé d'abord détritique puis devient marneux à argilo-calcaire. L'Eocene se caractérise par des marnes épaisses avec le classique faciès des calcaires Ypresien.

### **II.4.3 Les séries peni-telliennes**

Elles sont définies dans le djebel Zouaouia (A Marre et al 1977), elles affleurent toujours au sud du tell oriental Algérien.

Leur faciès très carbonaté les a fait confondre pendant longtemps avec les séries néritiques constantinoises.

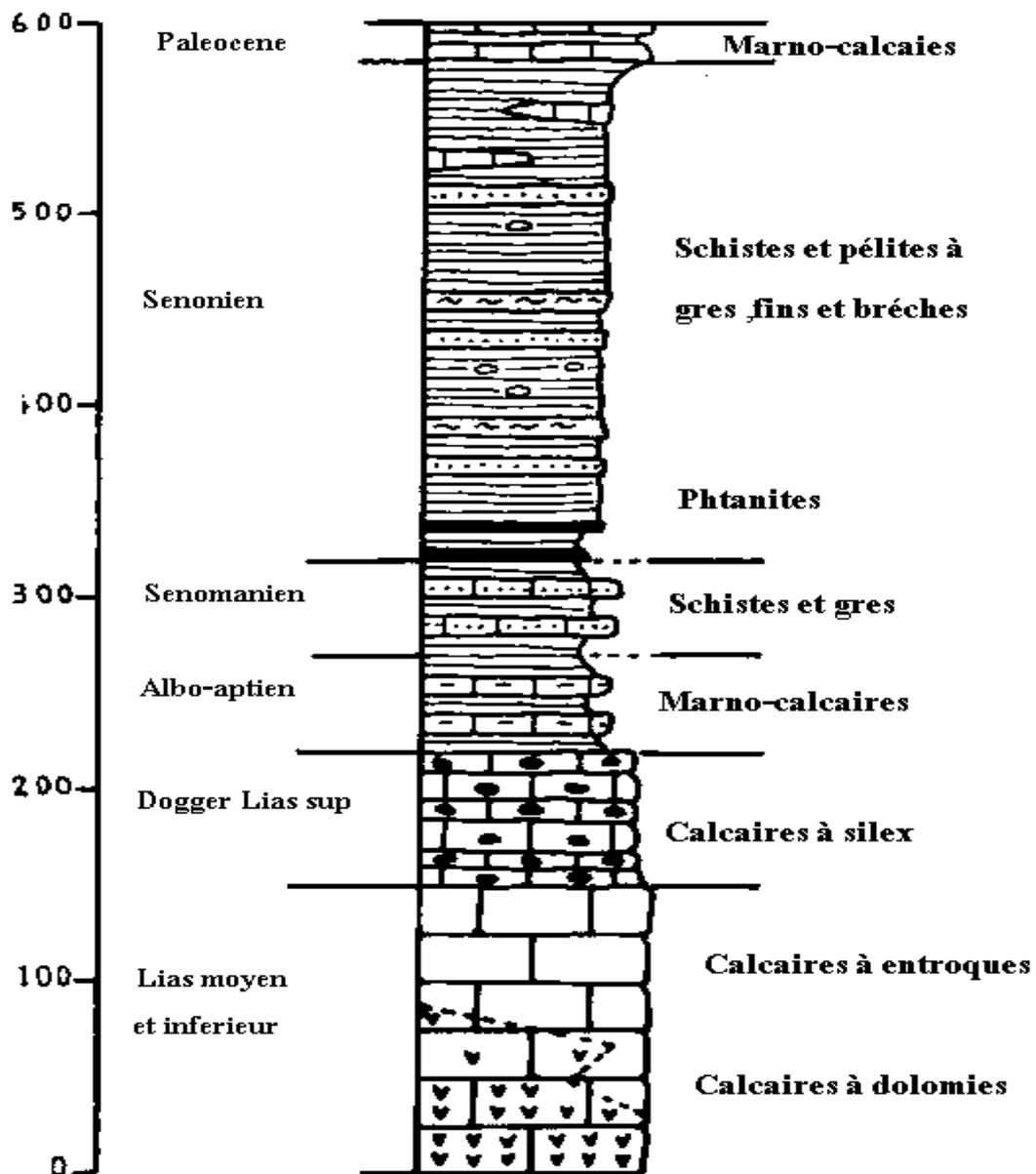


Fig. : 11 – Colonne stratigraphique et synthétique du Djebel Safia.  
(D'après J.F.raoult et J.M. vila 1974)

## II.5 L'Oligomiocène Kabyle

C'est une série sédimentaire correspondant à la couverture stratigraphique transgressive initiale du socle kabyle (Raoult, 1974 ; 1975), cette formation affleure dans toute la Kabylie de Collo, la région de Skikda. (Fig : 13)

Ce sont des formations détritiques qui comportent trois termes lithologiques :

- Un terme basal conglomératique, présentant des niveaux de brèches ou des poudingues en bancs irréguliers à galets de phyllades et de quartz.
- Un terme médian sous forme de grés micacés et des conglomérats fins, des argiles détritiques et des schistes.
- Un terme supérieur constitué de siléxites et d'un ensemble d'argiles et de pélites.

L'épaisseur de l'Oligo-Miocène Kabyle est variable d'un point à l'autre 30 m à Ain Bouziane jusqu'à 200 ou 300 m.

## II.6 Les roches éruptives

La partie orientale de la petite Kabylie est caractérisée par un important magmatisme Miocène (M Roubault -1934, Ouaipe -1978, Fougnot -1992 Semroud et Al 1992) de type calco-alcalin qui a engendré d'importantes masses de granite (granite Bougaroun, de Beni Touffout et de Fil fila) et microgranite (environ de Collo) ainsi que des coulées et injections de laves acides (région de Collo, Chetaibi et Edough).

Les roches éruptives microgrenues sont visibles essentiellement dans les environs du petit port de Collo et à l'ouest du bassin de Tamalous se sont en général des microgranites monzonitiques et des microgranodiorites, elles recouvrent et métamorphisent les roches sédimentaires elles sont donc plus récentes que les terrains sédimentaires marins.

On peut notamment observer des granites Miocène dans les massifs de Bougaroun et de Beni Touffout et dans Djebel de Flifla à l'est de Skikda.

## II.7 Le Quaternaire

Dans la zone d'étude le quaternaire est représenté par les alluvions et les dunes anciennes.

-les alluvions se composent de trois types différents : des alluvions actuelles représentées par des sables, des limons formant le lit moyen de l'oued Safsaf et celui de Zeramna, alluvions moyennes constituées de limons et de galets et enfin des alluvions anciennes d'âge pléistocène ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés à des épaisseurs de 20 m.

-les dunes anciennes se trouvent le long de la cote de la zone d'étude formées de trois niveaux :

- Un niveau inférieur qui atteint une épaisseur de 40 à 50 m, contient des alluvions récentes de l'oued Safsaf.
- Un niveau moyen qui atteint une épaisseur de 80 m et contient des alluvions anciennes.
- Un niveau supérieur développé sur les schistes paléozoïques (au environ de Djebel El Allia au Nord Est de la région).

Le quaternaire est bien développé dans la région et de composition variée : limons, sables, argiles et en moindre importance des travertins.

### **II.8 Principaux types d'accidents tectoniques**

Structuralement la région Skikda est très tectonisée surtout dans les parties Est et Ouest.

La majorité des failles et des chevauchements sont d'âge Alpin mais certaines fractures sont ante Alpine réactivées à l'époque Alpine.

Les failles se concentrent surtout dans djebel Sidi Driss, Kef Hahouner, Col de Bissy, Djebel Tengout et suivant généralement une direction Sud Ouest- Nord Est.

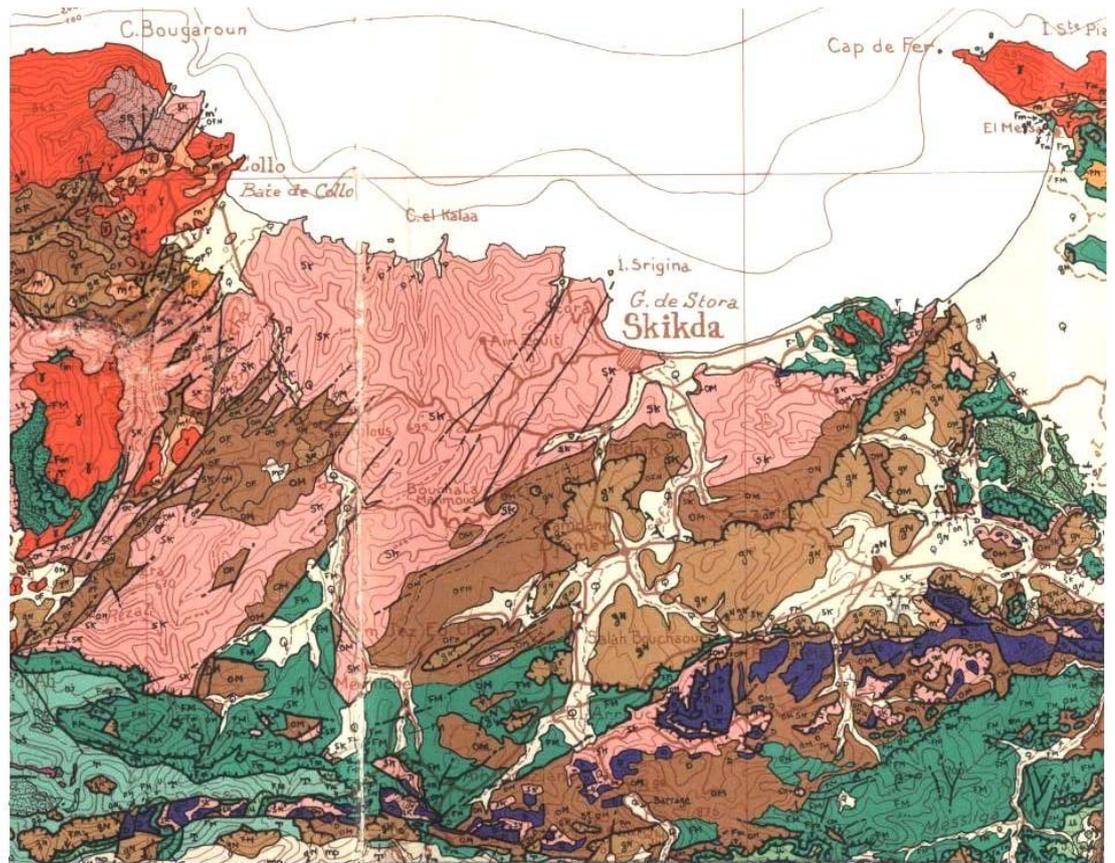
Les nappes de charriage se dispersent sur tout le terrain, la nappe numidienne est bien visible à l'Est et à l'Ouest elle charrie les flyschs qui affleurent sous forme de fenêtre à Djebel Safia.

Toute ces déformations tectoniques (failles, contacts anormaux...) favorisent la naissance de sources d'eau (Mechtat Fernan, Sidi Driss, Oued Zhou...), ainsi que des sources hydrothermales comme celles de Azzaba.

Dans son ensemble la géologie de la région de Skikda est très compliquée, ceci est le résultat de la tectonique cassante affectant la quasi totalité de la région.

Pour ce qui est de la géologie des différentes plaines, elle est relativement simple ; elles sont taillées dans des massifs de roches rigides (granites, gneiss...).

Sur ces massifs se sont déposés des sédiments qui sont des limons, des marnes à lentilles gréseuses du Miocène, des grés numidien et des marnes bleues du Pliocène qui forment en general le substratum imperméable du remplissage alluvial.



**ROCHES ERUPTIVES RÉCENTES**

**γ** Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.

**ROCHES RÉCENTES ET CYCLES POSTÉRIEURS AU BURDIGALIEN INFÉRIEUR**

- Q** Quaternaire indifférencié (Villafran- chien à actuel).
- P** Pliocène marin des zones côtières.
- mp** Mio-Pliocène continental.
- m'** Burdigalien supérieur-Langhien de la marge littorale.
- m** Miocène marin transgressif indifféren- cié des nappes telliennes et de leur avant-pays allochtone, parautochtone ou autochtone.

**SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE**

- QFN** Oligo-Miocène kabyle, olistostromes à Flyschs résédimentés (y compris le Numidien) et flyschs en position nord-kabyle (F').
- OF** Olistostromes superposés à l'Oligo-Miocène kabyle; OT- Olistolites telliens de la région d'El Milia.
- C** CHAÎNE CALCAIRE: Paléozoïque à Lutétien supérieur des zones interne, médiane et externe.
- SBA** Socle kabyle: SBA- Paléozoïque des Béni-Afeur
- SK** SK- Socle métamorphique de Petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres.
- SB** SB- Socle basique du Cap Bougaroun (péridotites et "kinzigites" rétro-morphosées).

**NAPPE NUMIDIENNE**

- NB** Formation de Babouche (Aquitano-Burdi- galien).
- gN** Grès numidiens et séries mixtes.
- AN** Principaux affleurements d'argiles de base à Tubotomaculum.

**NAPPES DE FLYSCHS KABYLES**

**FLYSCHS MAURÉTANIENS**

- FM** Séries externes (ex-"Medjanien") et sé- ries atypiques de Tamaïous, du Kef Mez- zouch et de Ziane.
- FM** Cas de la série des Achaïches (série mé- diane).  
1- Crétacé  
2- Jurassique  
3- Permo-Trias et Carbonifère.
- UST** Unité Sendouah-Tabellout à substratum basique.

**FLYSCHS MASSYLIENS**

- Fm** Séries typiques à phanites ou à brê- ches vertes et rouges.
- Fm** Cas de la série du Djebel Filfilâ  
1- Crétacé  
2- Jurassique.
- A** Unités de type Adissa et Sènonieh mar- neux à microbrèches ou à blocs.  
A- Eocène  
F- Sènonien marneux à microbrèches ou à blocs.

Fig. : 12 - Carte géologique de la région de Skikda d'après J. M. Vila

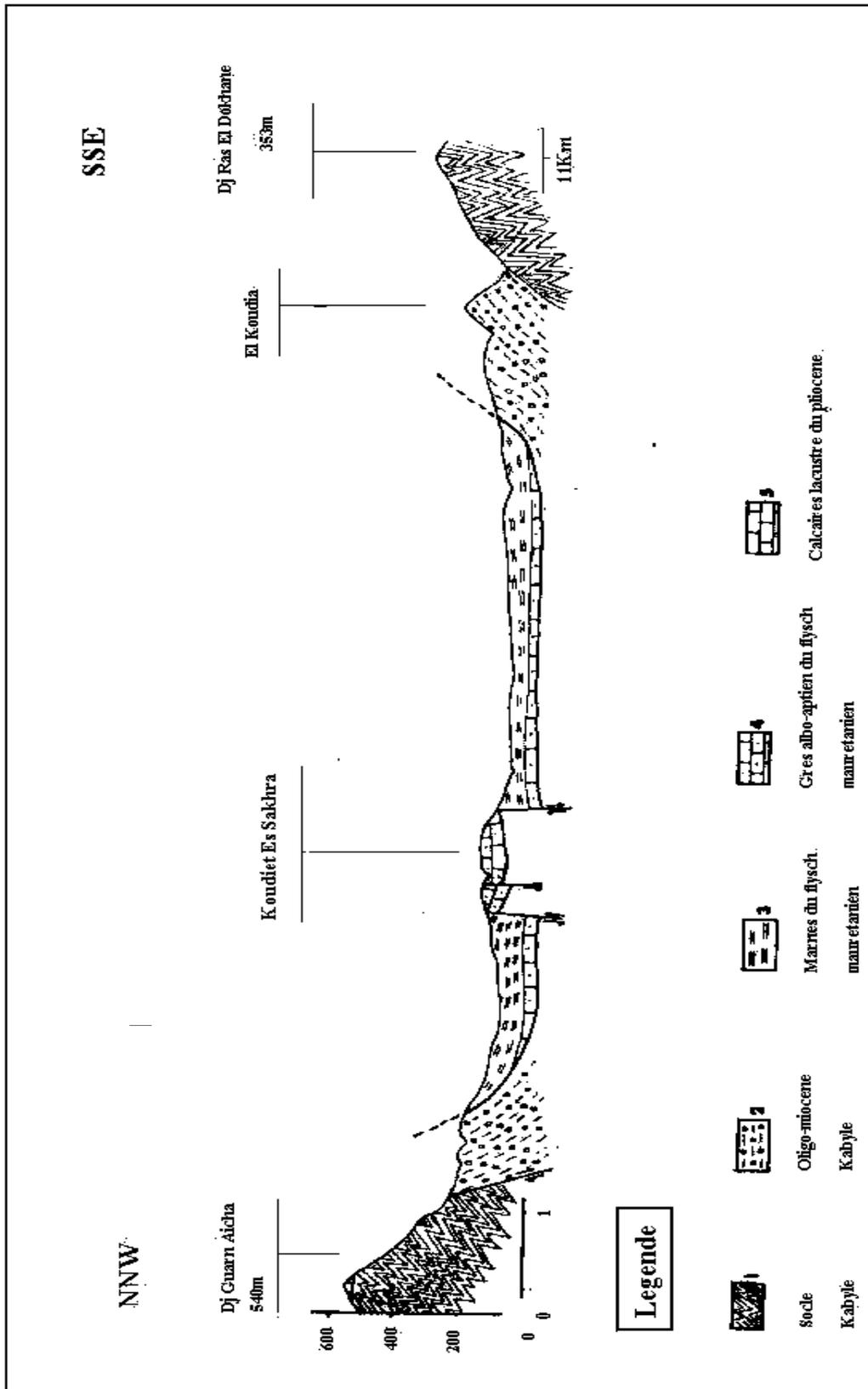


Fig : 13 Coupe géologique dans le bassin de Tamalous (J F Raoult 1974, 1975)

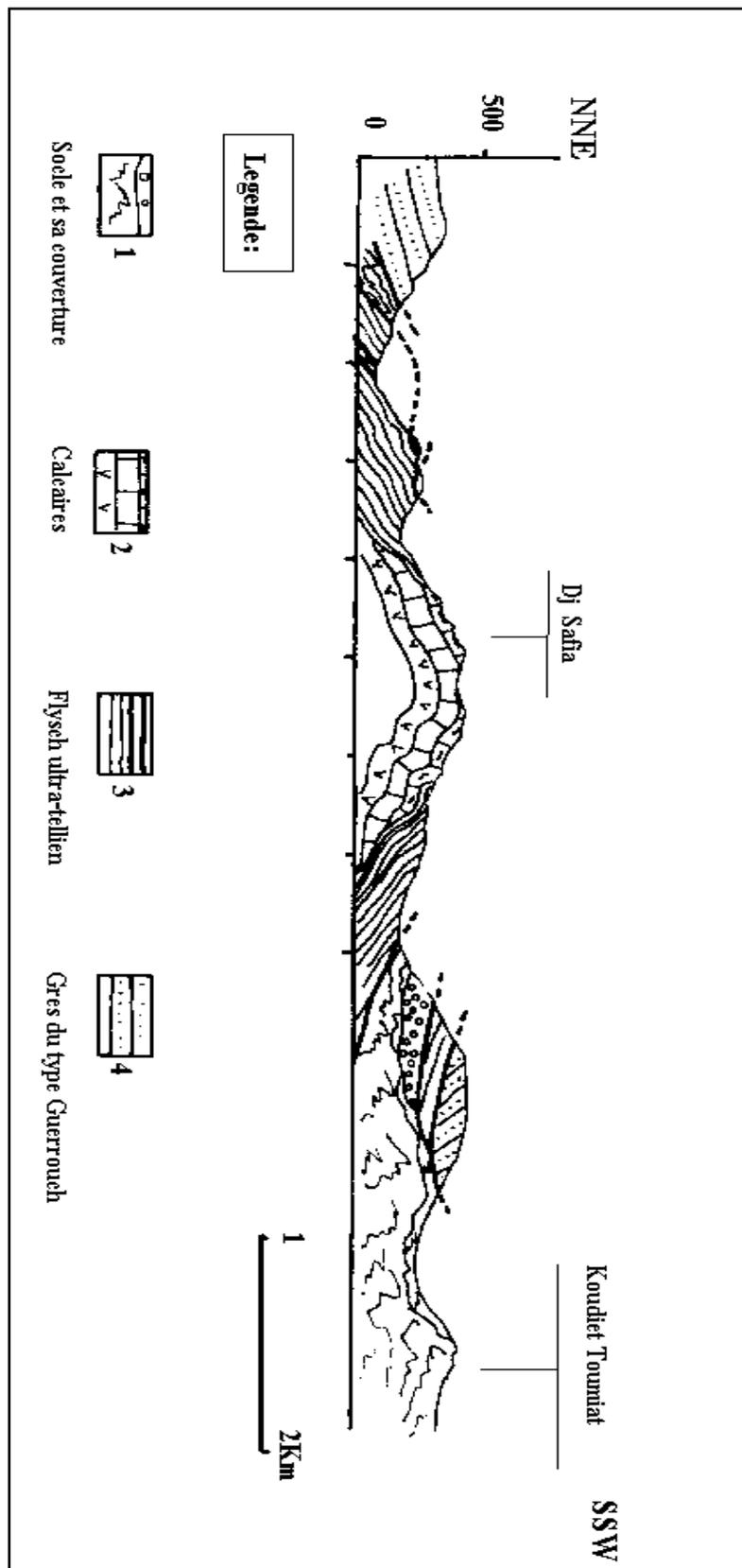


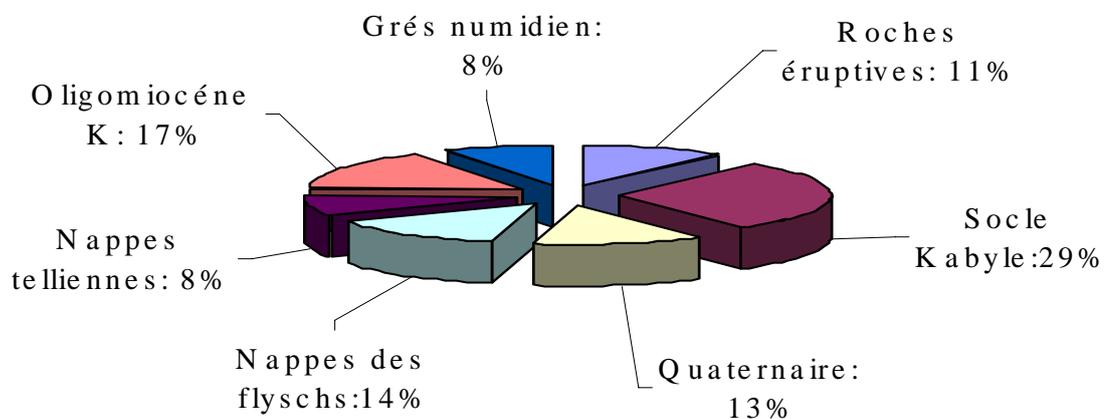
Fig : 14 coupe schématique dans le massif de djebel Safia (Delga, Raoult, Villa. 1967).

## II.9 Géologie des formations et intérêt hydrogéologique

Pour la détermination des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères, l'étude géologique est fondamentale, car elle peut nous fournir des informations utiles sur l'aquifère telles que sa lithologie, sa structure, son épaisseur et sa localisation.

Un réservoir est identifié par la présence de formations poreuses et fissurées qui sont des ensembles géologiques susceptibles d'emmagasiner de l'eau, dans notre secteur d'étude les épaisseurs des différents ensembles réservoirs ont été déterminé par l'étude géophysique :

- Les sédiments du quaternaire représentés par des alluvions, déposés au niveau des oueds Safsaf, Kebir Ouest Zeramna, Guebli...ces formations constitués des réservoirs très importants (13 % de la totalité des formations dans le secteur d'étude). (figure :15).
- Les sédiments du Tertiaire qui sont formés par des grès, poudingues constituant des réservoirs moins importants.
- Des formations carbonatées du Jurassique (Djebel Filfila) qui donnent un aquifère profond et très important, d'une épaisseur d'environ 250 m et une perméabilité très importante, reconnu grâce à une étude géophysique par C. Lemoy et C. Perrin (1969),



**Fig. : 15 - Proportion approximative (%) des diverses formations lithologiques dans le terrain d'étude**

On remarque sur la figure ci-dessus que les formations du socle kabyle, constituées de roches métamorphiques et sédimentaires, sont les plus répandues dans la zone d'étude, avec 29 % de la totalité du terrain qui sont des formations imperméables favorisant ainsi le ruissellement des eaux, viennent ensuite les formations de l'Oligomiocène Kabyle, le Quaternaire et les nappes des flyschs avec des proportions de 17, 14, 13 %.

Les roches éruptives, nappes telliennes ainsi que le grès numidien sont les formations les moins rependues avec des proportions de 11, 8, 8 % respectivement

Globalement, le secteur d'étude se comporte de près de 21 % de formations perméables (formations du Quaternaire et grès numidien) et de 80 % de formations imperméables (roches métamorphiques du socle Kabyle, argiles et marnes de la série des flyschs).

<b>Zone</b>	<b>Formations</b>	<b>Epaisseur (m)</b>	<b>Perméabilité</b>	<b>Intérêt hydrogéologique</b>
<b>la plaine de Collo</b>	roches métamorphiques et alluvions	15-25	de fissure et d'interstice	bon réservoir (infiltration)
<b>la plaine de oued Zhou</b>	alluvions			-
<b>vallée de oued Safsaf</b>	grès, flyschs et graviers	10-60	d'interstice	bon réservoir (nappe)
<b>bassin de Kebir Ouest</b>	sables, graviers et galets	20-50	d'interstice	bon réservoir (nappe)
<b>massif dunaire de Guerbez</b>	sables, graviers et galets	5-45	d'interstice	bon réservoir (nappe)

**Tab : 2 - les différents champs de captage et leurs épaisseurs dans la wilaya de Skikda.**

## CONCLUSION

En raison de la tectonique cassante, la géologie de la région de Skikda est très compliquée. La géologie des différentes plaines est relativement simple comparée à celle des massifs montagneux, taillées dans des massifs de roches rigides (granites, gneiss, schistes...) sur ces massifs des sédiments se sont déposés tels que limons, marnes à lentilles gréseuses du Miocène, des grès numidien et des marnes bleues du Pliocène inférieur qui forment généralement le substratum imperméable du remplissage alluvial.

# *Géomorphologie*

### III. APERÇU GEOMORPHOLOGIQUE

#### Introduction

La wilaya de Skikda est située dans la frange tellienne de l'Algérie, couvrant une superficie de 4138 km<sup>2</sup>, limitée au Nord par la méditerranée, au Sud par les wilayas de Mila, Constantine et Guelma, à l'Est par Annaba et enfin à l'Ouest par la wilaya de Jijel.

Elle occupe une position stratégique sur le littoral septentrional de la méditerranée, c'est ce qu'il lui confère un relief très accidenté, particulièrement dans la partie littorale donnant naissance à des massifs tels que les massifs de Collo, Azzaba et Chetaibi.

Ces grands massifs sont séparés par de larges vallées comme celle de l'oued Ghebli à l'Ouest, celle de l'oued Safsaf au centre et celle de l'oued Kebir à l'Est.

Dans ces reliefs on distingue 3 types de zones :

- Zones de montagnes
- Zones de plaines
- Zones de plages

#### III.1. Zones de montagnes

Les montagnes occupent 41 % du territoire de la wilaya de Skikda avec des pentes supérieures à 25%.

Les principaux massifs montagneux présent dans cette zone sont :(Fig : 16)

- Dans la limite sud on trouve la chaîne tellienne qui caractérise la wilaya de Skikda qui est représentée par les massifs suivants :

- |                  |        |
|------------------|--------|
| - Kef Sidi Driss | 1364m. |
| - Kef Hahouner   | 1023m. |
| - Djebel Tefaha  | 828m.  |

Ces massifs forment une barrière physique d'une orientation Est-Ouest constituée d'une suite de massifs, la ligne de crête principale atteint 1364m à Kef sidi Driss d'une orientation Sud-Ouest Nord-Est ; et d'une crête de moindre altitude à djebel Tefaha (828m) (A. Marre 1992).

- Dans la limite Nord on trouve une chaîne de montagne faisant front à la mer, elle accuse des coupures au niveau des embouchures des oueds importants ce qui a

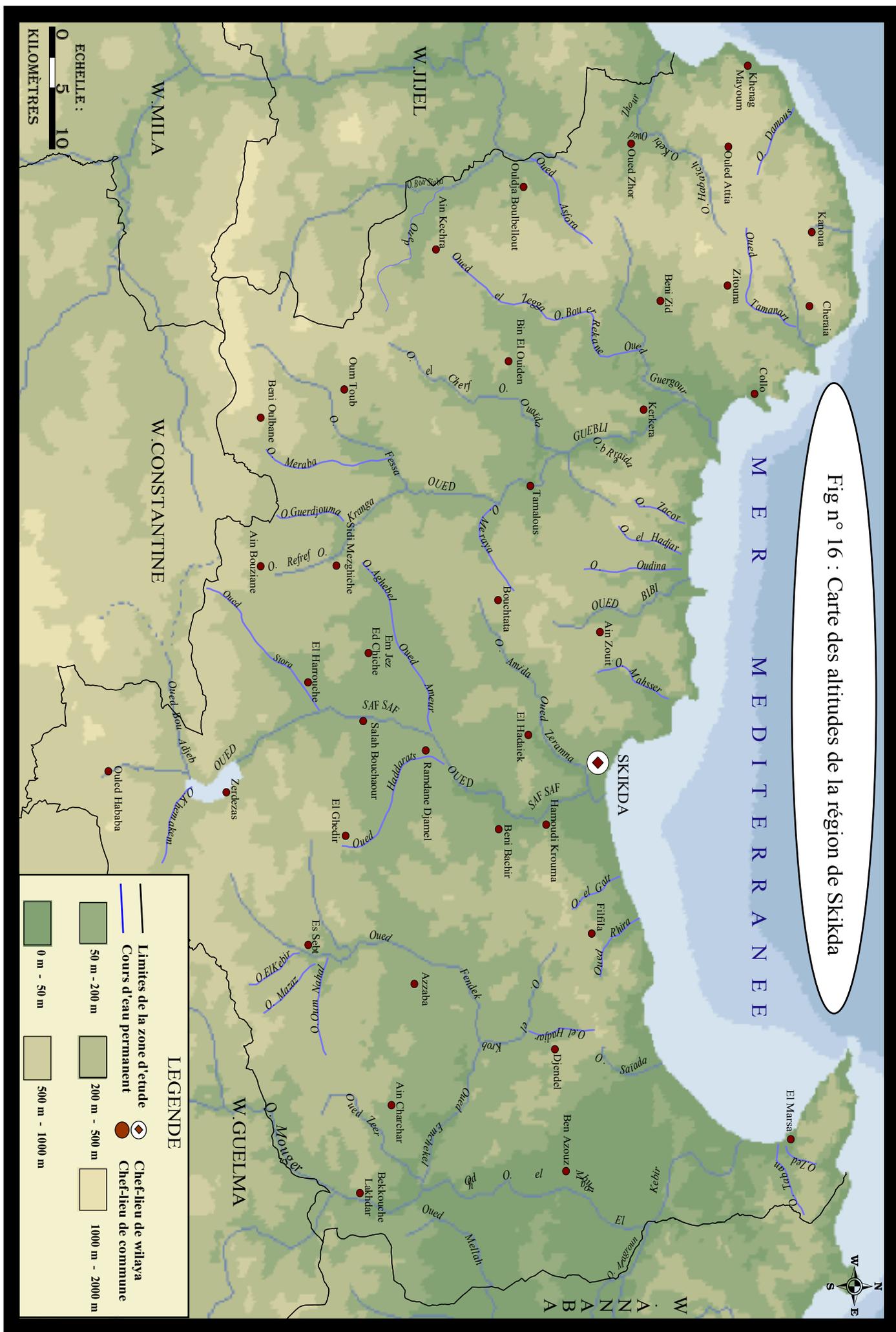


Fig n° 16 : Carte des altitudes de la région de Skikda

entraîné la formation de larges plages qui s'étendent sur 120 Km de longueur comme celles de Ras Filfila, la Marsa, Ben Mhidi, baie de Collo ...

Cette chaîne débute par le mont de Boutellis et qui comprend :

- Djebel Tenguout 649m.
- Djebel Bissy 530m.
- Djebel El Alia 479m.
- Djebel Fil fila 586m.

### III. 2. Zones de plaines

Ces zones sont moins importantes en étendue, représentant 9% de l'ensemble du territoire de la wilaya (région de Skikda, Collo, Ain Charchar, Ben Azzouz.) ; néanmoins, les trois oueds de la région et leurs affluents ont engendré les trois bassins versants suivants :( Fig :117)

- Le bassin versant de Kebir Ouest à l'est.
- Le bassin versant de Oued Safsaf au centre.
- Le bassin versant de Guebli à l'ouest.

#### III.2.1 le bassin versant de Kebir Ouest :

Ce bassin est traversé par l'oued Kebir Ouest qui prend naissance dans le versant nord de djebel Boutellis dans le nord Guelmien et au Sud de la zone d'étude d'une superficie de 1016 Km<sup>2</sup>.

Sa partie intérieure est limitée au Sud par les monts de Constantine ou les formations dominantes sont des calcaires et marno-calcaires du Jurassique et Crétacé ; caractérisées par un coefficient d'infiltration élevé.

On trouve les mêmes formations dans la partie Nord-ouest du bassin mêlées à des roches éruptives et métamorphique du djebel Fil fila.

La plaine de l'oued Kebir Ouest s'est formée par l'alluvionnement intense des dépressions côtières, caractérisées par une pente relativement faible vers la mer et la présence de marais dans la partie aval (E. Viziterv 82).

Ce cours d'eau (Kebir Ouest) est de direction Sud Nord qui descend vers le petit bassin d'Essebt puis traverse le bassin de Azzaba ensuite il prend la direction Ouest –Est pour finalement rejoindre la mer méditerranée.

### **III.2 .2 Le bassin versant de l'oued Safsaf**

C'est un bassin très vaste couvrant une superficie de 1190 km<sup>2</sup> limité au Sud par les monts de Constantine, à l'Est par le massif de l'Edough et Cap de fer, à l'Ouest par le massif de Collo et au Nord il s'ouvre sur la méditerranée.

Ce bassin concerne la région de basse altitude s'étendant d'El Harrouch à Skikda passant par les communes de Salah Bouchaour, Ramdane Djamel El Hadaiek (A. Marre 1992).

Dans ce bassin la série sédimentaire est représentée par le massif calcaire constitué de calcaire du Jurassique et des marno-calcaires du Crétacé.

Ce bassin versant est subdivisé à son tour en trois sous bassins suivant les principaux affluents de l'oued Safsaf :

- Sous bassin de Zeramna
- Sous bassin de l'oued Ghbel.
- Sous bassin de l'oued Haddratz.

#### **III.2.2.1 Sous bassin de Zeramna**

L'oued Zeramna qui est un affluent de l'oued Safsaf prend naissance dans les zones montagneuses de Bouchtata avec une longueur de 15.5 kilomètres dans le socle métamorphique de la petite kabylie.

Le remplissage alluvionnaire étant de très faible étendue, devient très important à partir d'Elhadaik montrant l'existence de la basse terrasse.

Les pentes sont très aigues dans les flancs Est et Ouest favorisant la genèse des crues en période de hautes eaux.

#### **III.2.2.2 Sous bassin de l'oued Ghbel**

Le sous bassin drainé par l'oued Ghbel est assez étendu ; de faible pente formée par des formations du Quaternaire peu perméable d'où la présence de zones marécageuses assez fréquente.

D'une longueur de 17.5 kilomètres, l'oued Ghbel prend naissance dans la région de Mdjez Edchiche, qui se déverse ensuite dans l'oued Safsaf sous le nom de oued Aneur.

### **III.2.2.3 Sous bassin de l'oued Haddarats**

L'oued Haddarats draine un terrain relativement large de 9.7 kilomètres carré marqué par des pentes modérées il s'écoule du Sud vers le Nord en traversant des terrains quasiment Quaternaire avec les sommets des koudiats recouverts de grés numidiens.

### **III.2.3 Le bassin versant de Guebli :**

D'une superficie de 988 km<sup>2</sup>, drainé par l'oued Guebli qui coule dans une direction Nord Sud il recoupe un bon nombre de lignes de crêtes et traverse les sous bassin de Oum Toub, Tamalous et Collo.

On peut subdiviser ce bassin en trois sous bassins ou les niveaux Quaternaires sont les mieux développés et mieux conservés :

#### **III.2.3.1 Sous bassin de OumToub**

Il est creusé dans des roches tendres en aval du massif cristallin kabyle, il présente quatre niveaux d'altitude dont le plus haut se trouve dans le village de OumToub qui est estimée à 242 m d'altitude constitué de galets et d'argiles rouges.

Le niveau le plus faible est représenté par les terrasses construites à 2 m au dessus du cours des oueds. Les formations qu'on peut y rencontrer sont des galets surmontés par des sables gris à beiges.

Le sous bassin est traversé par les deux plus importants affluents de Oued Guebli qui sont Oued Fessa d'une longueur approximative de 7 kilomètres et Oued Kranga (6 Km).

#### **III.2.3.2 Sous bassin de Tamalous**

Il représente un haut niveau de terrasses qui est de 170 m d'altitude se situant à Tamalous marqué par des dépôts d'arènes non significatives.



Un faible niveau de basse terrasses se situant à Sidi Mezghich puis prend une large extensions à Tamalous marquées par des sables grises à beiges dominant le cours d'eau par un talus haut de 2 à 4 m.

La cuvette de Tamalous, sur le cours moyen de l'oued Guebli est le plus étendu des sous bassins du socle Kabyle , ferm2 au Nord par le djebel Guern Aicha qui culmine à 561m et au sud le socle Kabyle remonte en pente jusqu'à 587 m d'altitude.

### **III.2.3.3 Sous bassin de Collo**

Se trouvant à l'extrême Ouest de la zone d'étude, le sous bassin de Collo ou l'oued Guebli vient se jeter dans la méditerranée a une allure de quadrilatère largement ouvert vers le Nord Est (mer) limité par des escarpements de direction Sud-ouest, Nord-est avec un fond très plat qui est dominé par les pentes raides de quelques reliefs isolés comme la Koudiat de Téléza.

On y trouve des collines formées de roches dures avec de grandes pentes liées au massif dunaire.

La plaine de Collo proprement dite, correspond à la très basse terrasse qui domine de 3 m environ le cours de l'oued Guebli. La moyenne et la haute terrasse se trouvent aux environ de Kerkera, qui ont des pentes supérieur à 4 %.

### **III.3. Zones de plages**

Après la plaine de Skikda qui culmine à 60 m du niveau de la mer, il existe des dunes actuelles, de couleur blanche à grise (10 m d'altitude), ensuite vient la grande plage de Skikda formée de sables de dunes actuels.

A La plage de Guerbez quatre formations littorales peuvent être observées : à la base de grés calcaire consolidée, ensuite viennent des sables rouges, enfin des sables roses avec un sol gris, le long de la plage, ces formations disparaissent sous de grosses accumulations dunaires.

Dans la région de Collo, il s'agit de la basse terrasse du niveau I entre les deux oueds Guebli et Zhour, formée de dépôts de sables limoneux, qui sont recouvertes actuellement de sables de dunes actuels.

## CONCLUSION

Dans la zone d'étude la géomorphologie est diversifiée montrant des reliefs parfois accidentés.

On distingue une région montagneuse constituée par un empilement de nappes qui ont subi des cassures en failles normales ce qui les a portées en altitude.

Au nord, le socle kabyle marque le paysage par des formes plus arrondies, il s'agit d'un massif cristallin aplani dans lequel se sont creusées de profondes vallées, ce massif est aussi faillé et présente une série de bassins internes limités par des escarpements.

Au centre de la zone d'étude la vallée de oued Safsaf formée par un remplissage alluvionnaire, qui forme une barrière structurale entre le socle Kabyle à l'Ouest et les nappes telliennes et numidiennes à l'Est.

A l'Est la vallée du Kebir Ouest qui s'est formée par l'alluvionnement intense caractérisé par une pente relativement faible vers la mer

A l'Ouest du terrain d'étude se trouve le bassin du Guebli ou les formations Quaternaires sont les mieux conservées.

# *Hydrogéologie*

## IV. Aperçu Hydrogéologique

### Introduction

Le sous-sol de la région de Skikda est bien pourvu en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes (nappe des grés et nappe des flyschs dans la vallée de safsaf).

Les dépôts alluviaux (formations meubles du quaternaire), formés le long des oueds constituent le magasin essentiel des eaux souterraines de la région, en effet, cinq nappes essentiellement alluvionnaires sont décelées dans les trois grands bassins versants de la région d'étude.

### IV.1 Aperçu sur les Systèmes Aquifères :

Le but principal de l'établissement des coupes hydrogéologique, est de mettre en évidence l'extension des formations hydrogéologiques sous- jacentes de la région d'étude, leurs lithologies ainsi que les relations hydrodynamiques entre les différentes nappes.

En fonction de leurs caractéristiques propres, les nappes de la région de Skikda peuvent être regroupées en cinq formations aquifères essentiellement formées par des dépôts alluvionnaires du quaternaire:

- La plaine de Collo.
- La plaine de oued Zhour.
- Vallée de Safsaf.
- La plaine de Zeramna.
- La plaine de Oued Kebir Ouest.
- Massif dunaire de Guerbez.

#### IV.1.1. la plaine de Collo :

La plaine de Collo est taillée dans un massif de roches métamorphiques du socle Kabyle qui est marqué par des sédiments marneux presque entièrement argileux qui sont de deux types :(Fig : 16)

- Marnes à lentilles gréseuses du Miocène.
- Marnes bleues du Pliocène inférieur.

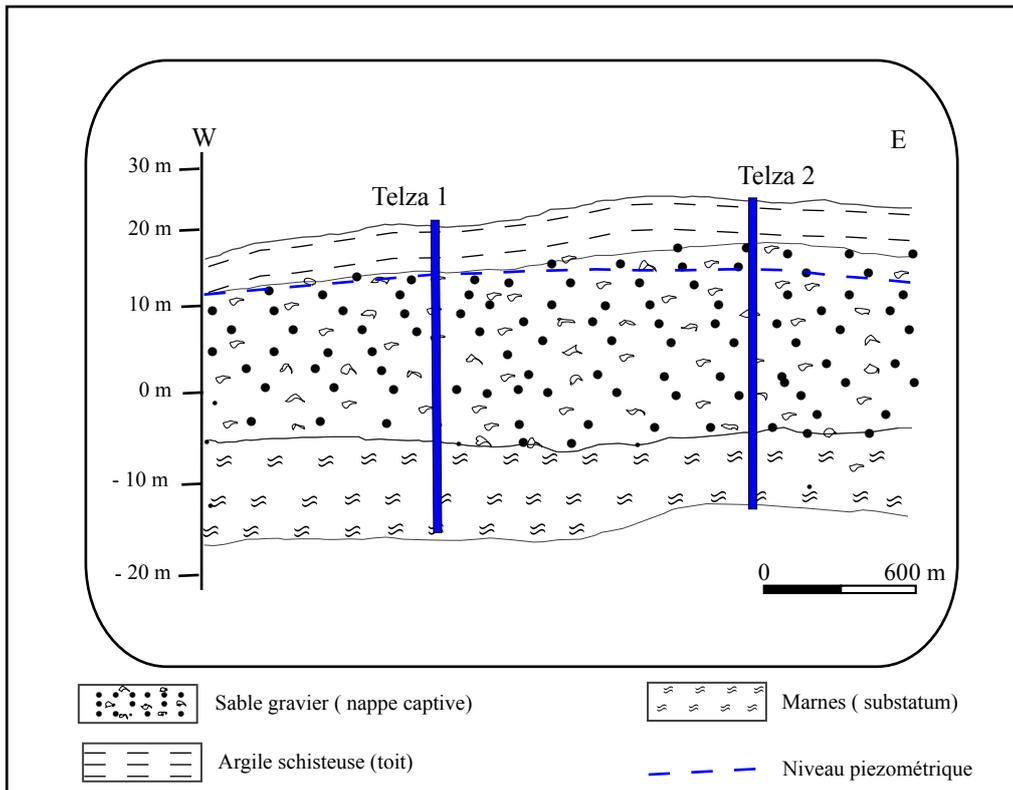


Fig : 18 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Collo  
(D'après les coupes stratigraphiques des forages)

Ces marnes forment le substratum imperméable de la plaine alluviale de Collo avec quelques pointements de roches métamorphiques.

Le réservoir est une nappe semi captive se présentant par des formations essentiellement alluvionnaires à granulométrie heterogene et grossières, le toit est représenté par des argiles sableuses d'épaisseur variable (4 – 15 m). (Figure: 18)

La coupe établie au niveau de Koudiet Telleza d'orientation Est-ouest, nous montre l'importante épaisseur des alluvions (15-25 m), qui confirme des transmissivité qui peuvent aller de  $4.10^{-2}$  à  $6.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient d'emmagasinement de l'ordre de  $5.10^{-3}$  (étude SOGREA, 1961).

La perméabilité de ces sediments est de  $10^{-7}$  à  $10^{-6} \text{ m/s}$ , l'alimentation de la nappe se fait essentiellement par l'infiltration des eaux de pluies, et l'écoulement se fait généralement du Sud au Nord (vers la mer).

Le débit total de la nappe d'après Decamps (1974) est de l'ordre de 120 l/s pour un débit exploité est de 100 l/s, son volume total est estimé à près de  $4.5 \text{ Mm}^3$  (étude SOGREA, 1961).

### IV.1.2. La plaine de Oued Zhour :

Située à l'extrême Nord-ouest de la région d'étude, la nappe de Oued Zhour est alluvionnaire regroupant des formations telles que sables et graviers, révélée par les deux seuls forages implantés dans la région.(Fig : 19)

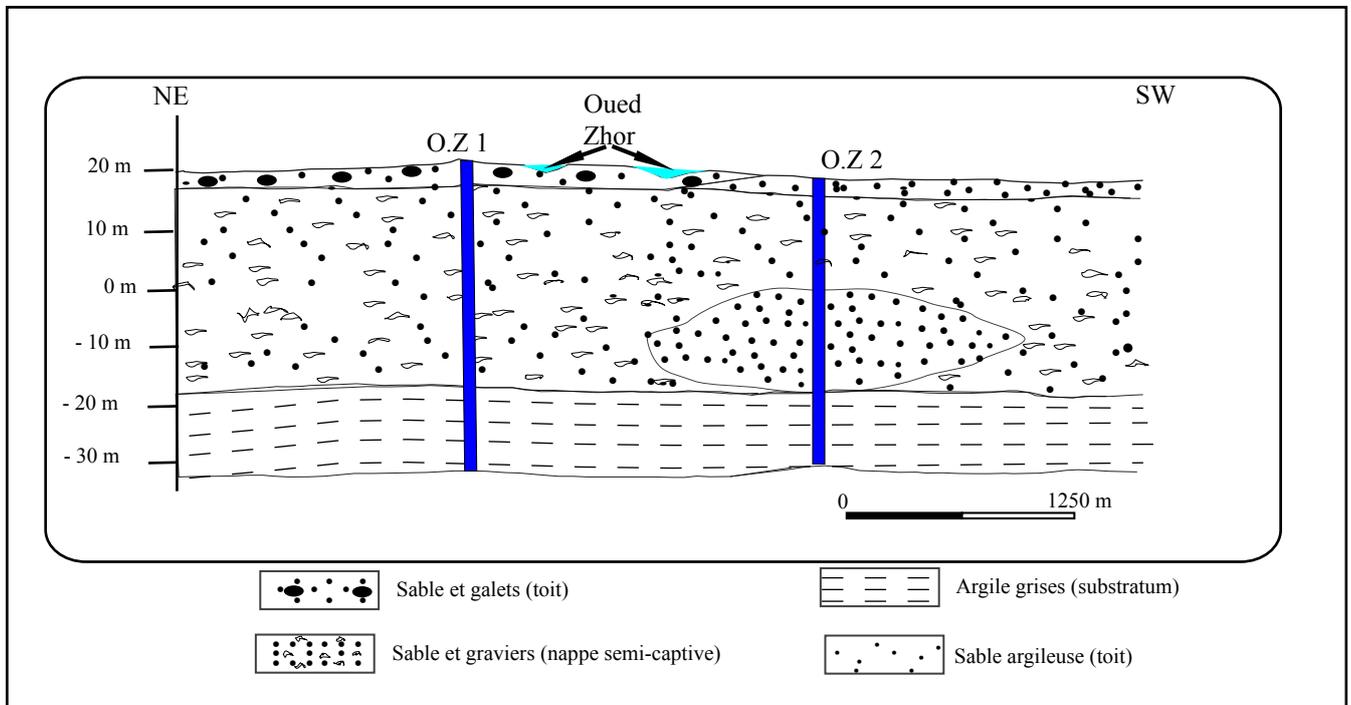


Fig : 19 Coupe hydrogéologique dans l'aquifère de Oued Zhour  
(Selon les coupes de forages)

La coupe traverse le secteur du Nord Est au Sud Ouest, montrant que la nappe est semi captive au Sud (forage Oued Zhour 2), sous un toit semi perméable (sables argileuses) d'épaisseur qui varie de 2 à 5 m. Vers le Nord, elle est libre avec un toit perméable formé de sables, graviers et galets, l'ensemble de l'aquifère (sables et graviers) qui a une épaisseur allant de 30 à 35 m (forage oued Zhour 1 et 2) repose sur un substratum composé de marnes grises d'épaisseur variable.

Sa réserve est estimée à 10 Mm<sup>3</sup> par des études géophysiques de la société STROJEXPORT (1983).

### IV.1.3. La vallée de l'Oued Safsaf :

Le bassin versant de l'Oued Safsaf est le plus important de toute la région de Skikda marquée par une réserve régulatrice estimée à presque 125 Mm<sup>3</sup> (d'après Selougua et al 1991)

Les différentes structures et unités géologiques existantes dans le terrain d'étude définissent les cinq types de nappes suivantes :

- La nappe des grès numidiens caractérisée par une alternance irrégulière de grès et d'argiles qui occupe les sommets à l'intérieur du bassin versant.
- Les nappes des flyschs mauritaniens caractérisées par des argiles, poudings, Calcaire phtalique qui s'étendent de Ain Bouziane jusqu'au Sud-ouest d'Elharrouch
- La nappe des schistes composée de schistes, phyllades, gneiss et marbres elle occupe la limite Ouest du bassin et se poursuit plus au Sud de Staiha jusqu'au Nord-est (Dj .Gouhdi).
- La nappe des calcaires qui s'étend du Sud-Ouest jusqu'au Nord-Est du bassin.
- La nappe des alluvions : c'est l'aquifère majeur de toute cette partie, il longe l'oued Safsaf et ses affluents. il est composé d'un ensemble de formation perméable telle que graviers, sables et galets avec des passages de sable argileux.

Reste les nappes alluvionnaires qui sont les plus importantes dans la zone d'étude telles que celles révélées par les coupes hydrogéologique suivantes : (Fig : 20 , 21, 22)

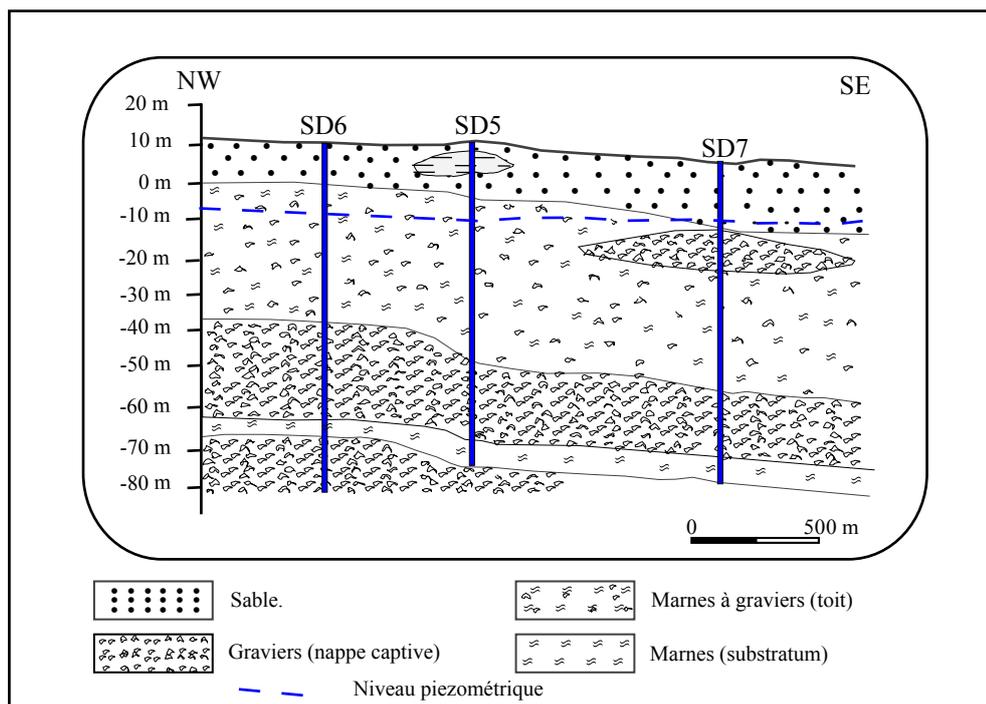


Fig : 20 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Skikda (plate forme)  
( D'après les coupes des forages )

La coupe orientée NW-SE dans l'aquifère de Skikda (plate forme), nous révèle l'existence de trois aquifères superposés, le premier superficiel, formé principalement de sables, d'une épaisseur qui varie de 11 à 20 m du Nord vers le Sud. Les trois forages de la coupe ont montrés que cette nappe est libre (sur la distance couverte par la coupe de presque 7 Km). Son substratum est constitué d'une manière générale de marnes à graviers, d'une épaisseur

variable de 35 à 45 m environ. Le substratum est légèrement incliné du Nord vers le Sud, ce qui nous permet de connaître en partie le sens d'écoulement de l'aquifère, notant aussi, la présence de lentille de graviers au sein du substratum de 10 m d'épaisseur (SD7).

Le second aquifère est captif à semi captif, formé de graviers, d'une épaisseur qui varie de 20 à 30 m du Sud au Nord. Son substratum (qui forme le toit du troisième aquifère), est moins épais que le toit (de 5 à 10 m) formé de marnes grises, son extension est visible sur toute la coupe (sept Km environ).son inclinaison suit toujours la même allure que celle du substratum, avec une pente qui diminue du NW au SE.

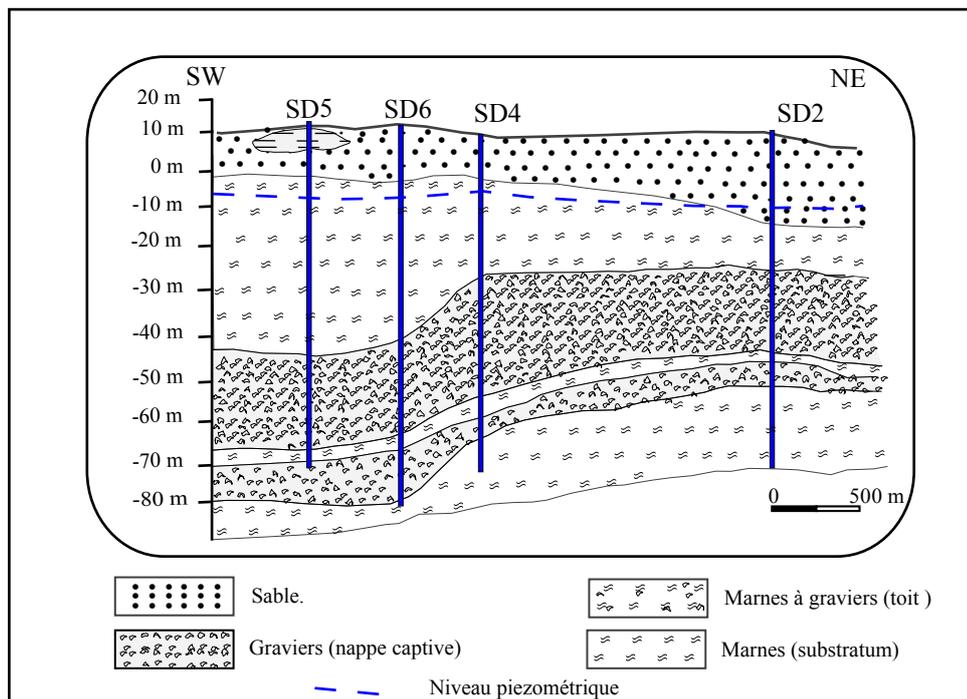


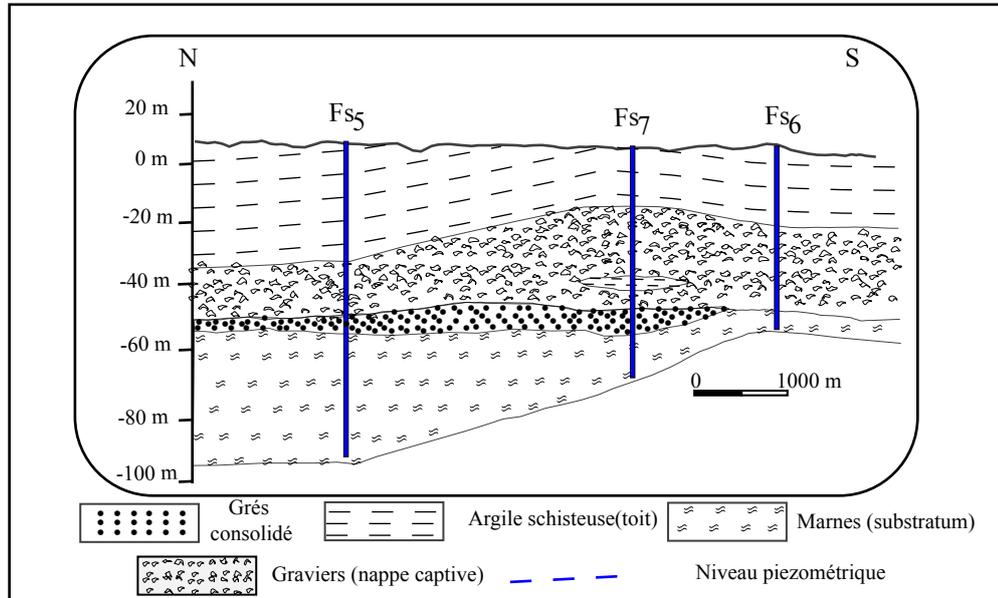
Fig : 21 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Skikda  
(d'après les coupes de forages)

Le troisième aquifère n'est visible sur la coupe que par les deux premiers forages (SD6, SD5), l'épaisseur approximative apparente sur la coupe est de 15 m, néanmoins, son extension peut s'observer sur la coupe (figure : 21) d'orientation SW-NE sur une distance de 8 Km.

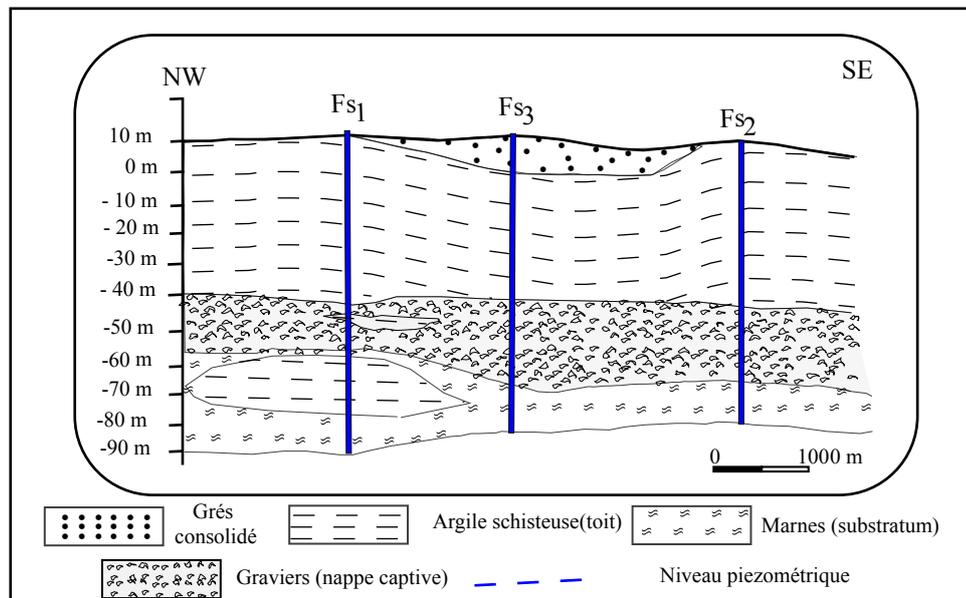
Du point de vue épaisseur, l'aquifère le plus important est le second (graviers), vient ensuite l'aquifère des sables en deuxième position et enfin le troisième (graviers), d'une épaisseur de 5 à 15 m environ.

A la basse vallée de l'oued Safsaf (H Hamrouche) elle peut atteindre 50 mètres d'épaisseur (Figure :22), elle devient plus faible vers le Nord-ouest ou elle atteint les 10 mètres (forage FS1).

La transmissivité varie entre  $3.10^{-4}$  et  $1.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s et une perméabilité de l'ordre de  $10^{-5}$  m/s, le débit total calculé sur les puits et les forages couvrant plus au moins le bassin est de 676 l/s (D.H.W.Skikda 1989).



**Fig : 22 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Skikda (D'après les coupes stratigraphiques des forages)**

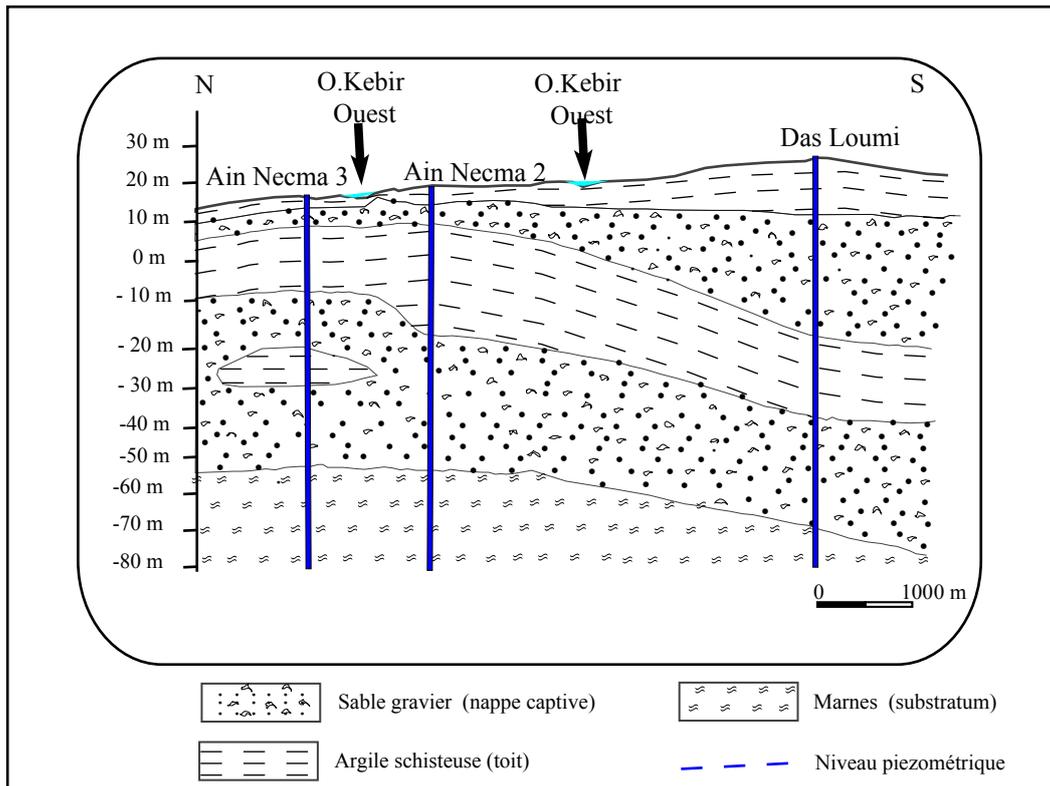


**Fig : 23 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Skikda (D'après les coupes stratigraphiques des forages)**

#### IV.1.4. Le bassin versant de Kebir Ouest :

La coupe effectuée dans la plaine alluviale du Kebir Ouest, d'orientation Nord-sud nous révèle l'existence de deux aquifères superposés (Fig : 24)

La première nappe alluviale de Kebir Ouest est formée d'un mélange de sable, graviers et galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m au Nord (forage Ain Nechma 3) et peut aller jusqu'à 20 mètres au Sud (forage DAS Loumi).



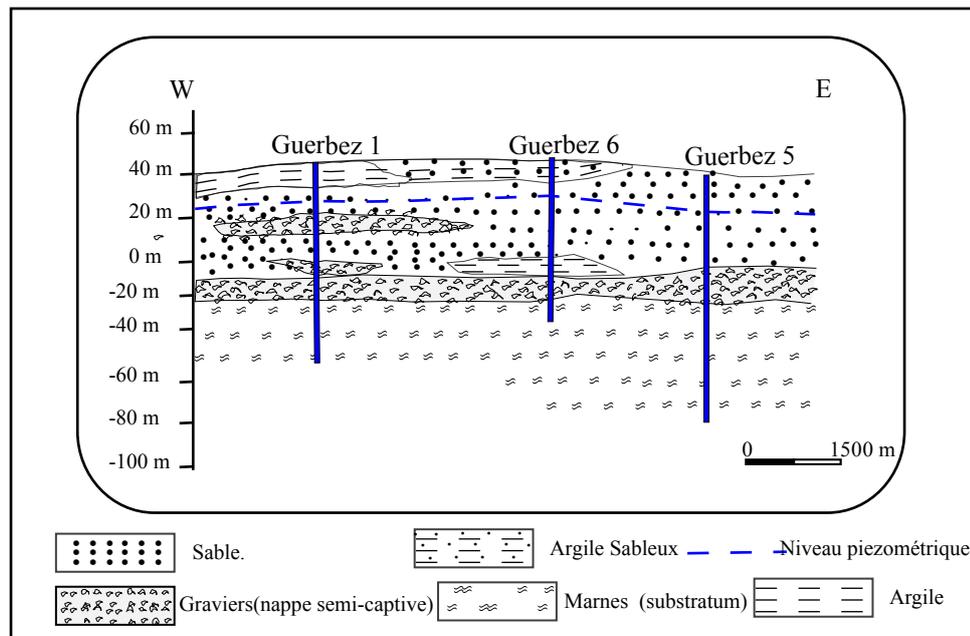
**Fig : 24 Coupe Hydrologique dans l'aquifère de Azzaba (D'après les coupes stratigraphiques des forages)**

La deuxième nappe étant captive, possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont l'épaisseur varie de 10 à 20 mètres légèrement incliné vers le Sud.

Le substratum est formé en general par des marnes d'âge pliocène d'épaisseur variable, les zones les plus perméables de la nappe alluvionnaire se trouvent au débouché de l'oued Kebir Ouest et ses affluents en raison de la granulométrie du sol, la valeur maximale de la transmissivité est de l'ordre de  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  au Sud Est dans la région de Hdjar Essoud (étude géophysique de la plaine de l'oued Kebir Ouest par STROJEXPORT 1974).

### IV.1.5. Le massif dunaire de Guerbez :

Le massif dunaire de Guerbez se présente comme un bourrelet littoral, il culmine à 107 m au centre du bassin de Guerbez. Les formations sableuses du massif dunaire de Guerbez révèlent l'existence de deux nappes superposées distinctes l'une superficielle et l'autre profonde séparées par une couche semi-perméable à certain endroits :

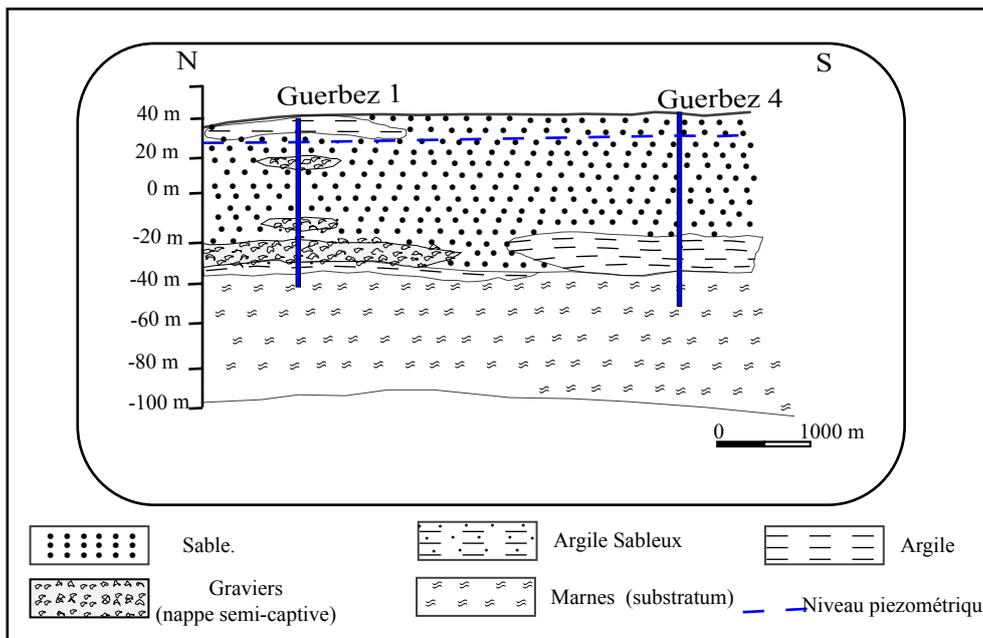


**Fig : 25 Coupe hydrogéologique (EW) dans le massif dunaire de Guerbez (D'après les coupes de forages).**

La coupe effectuée dans les formations du massif dunaire de Guerbez, d'orientation Est ouest (Fig : 25) nous révèle l'existence de deux nappes, l'une est libre formée par un matériel sableux, son épaisseur est variable de 5 à 10 m. A quelques endroits, on remarque l'absence de la couche semi-perméable (qui forme le substratum) ou la nappe superficielle et la nappe profonde se confondent (Guerbez 1 et Guerbez 5).

La seconde est une nappe semi captive à matériel alluvionnaire grossier constitue de sable, graviers et galets. Son épaisseur moyenne est de 15 mètres (forages Guerbez 1, 5, 6).

La transmissivité (T) moyenne de la nappe est de l'ordre de  $2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et d'un coefficient d'emmagasinement (S) allant de  $3.10^{-4}$  à  $30.10^{-4}$  (Khammar 1981).



**Fig : 26 Coupe Hydrologique a travers le massif dunaire de Guerbez (NS)**

L'ensemble du système repose sur un substratum imperméable formé d'argiles grises d'âge pliocène. (Coupe 25et 26).

Le débit total d'exploitation dans la vallée de Kebir Ouest est de l'ordre de 362 l/s (D.H.W Skikda) alors que le débit moyen fictif est continu est de l'ordre de 377 l/s (Bacha-Boutefnouchet 1988).

## IV. 2 La carte d'extension de nappes :

Pour l'étude de la nature des nappes aquifères et leurs extensions, il est nécessaire d'établir des coupes hydrogéologiques à partir des forages, qui permettront par la suite la représentation des toutes les couches traversées par ces forages (en particulier les forages parfaits qui peuvent atteindre le substratum de l'aquifère).

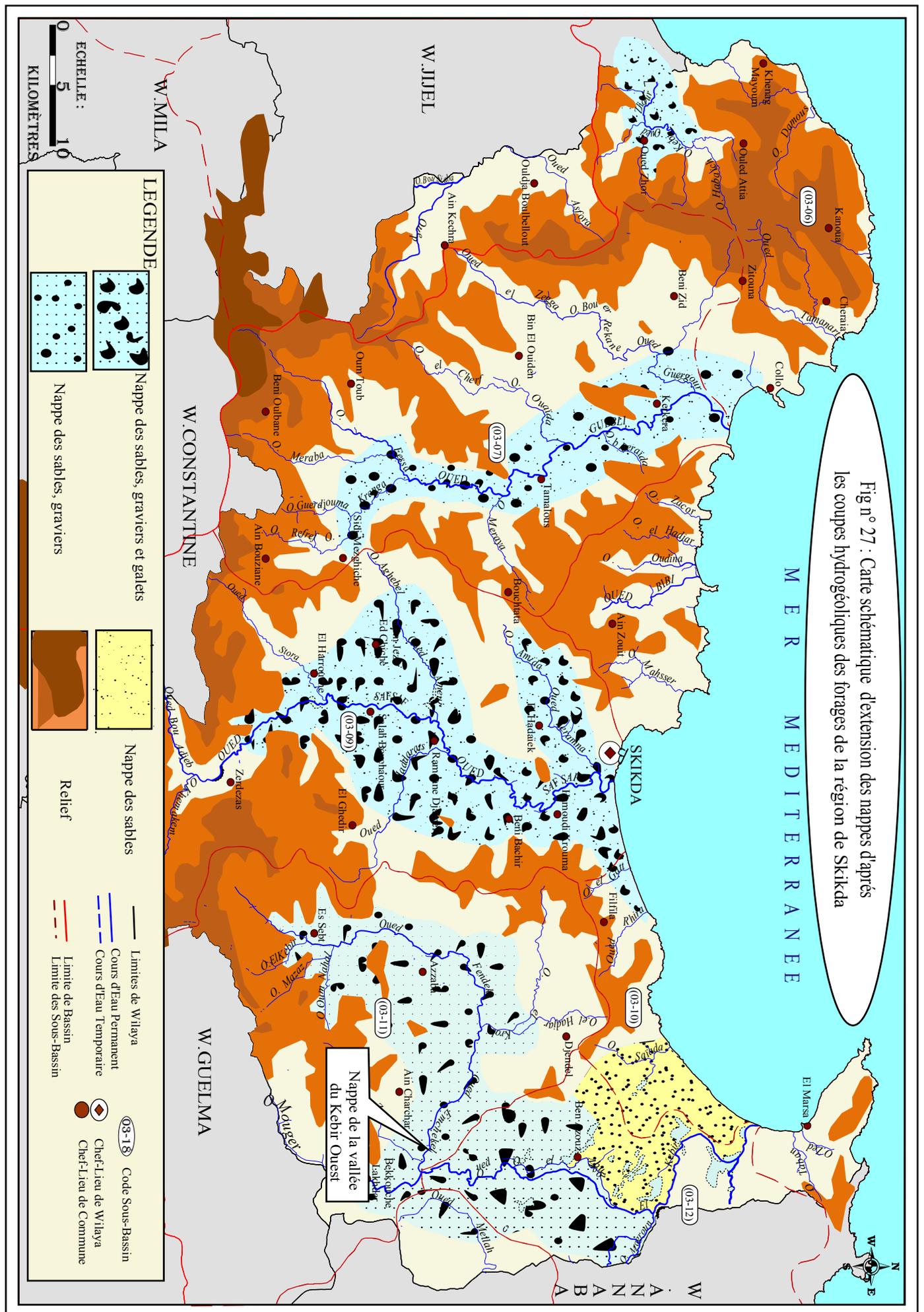
La carte (Fig : 25) établie de l'extension latérale des couches aquifères (d'après les coupes de forages et coupes hydrogéologiques), nous montre d'une façon approximative leurs extension générale dans l'espace.

Dans la région de Guerbez les nappes révélées sont celles des sables dunaires, s'étendant à plusieurs kilomètres du nord au Sud (selon la disponibilité des forages leurs lieux d'implantation).

Dans le bassin du Kebir Ouest la nappe la plus importante est celle des sables et graviers d'une puissance qui peut dépasser 20 m, son extension latérale se remarque de part et d'autre de l'oued Kebir Ouest dépassant 10 kilomètres de chaque côté.

Dans la vallée de l'oued Safsaf, existe plusieurs types de nappes à différentes importances hydrogéologiques. La plus intéressante est la nappe des alluvions qui longe l'oued principal et ces affluents, composée par un ensemble de formations perméables telles que graviers, sables et galets.

Dans le bassin versant de l'oued Guebli, il existe deux importante nappes constituées par les mêmes formations géologique (graviers, sables et galets), qui pourra probablement expliquer la continuité de la même nappe celle de Collo et de Tamalous tout le long de l'oued Guebli. Mais par manque de forages implantés plus loin des deux rives, l'extension latérale des nappes ne dépasse pas 10 kilomètre.



### **IV.3. Aperçu sur l'hydrologie de surface :**

#### **IV.3.1. Les oueds :**

La région d'étude (Skikda) possède trois grands oueds repartis sur toute sa surface d'Est en Ouest (Kebir Ouest, Safsaf, Guebli) alimentés essentiellement par les eaux de pluies ainsi que de petits oueds tels que l'oued Zhour à Cap Bougaroun, Oued Rhira au côtiers de Flifla et l'oued Bibi.

D'Ouest en Est on trouve : (Fig : 28)

##### **IV.3.1.1. L'oued Kebir Ouest :**

L'oued Kebir Ouest débute au versant Nord de djebel Boutellis (Nord de Guelma), de direction Nord-Sud sa longueur approximative est de 48 Km avec principaux affluents oued Aneb et oued Fendek. (Figure : 28), le tracé des profils en long des principaux affluents de cet oued, montre qu'à l'amont les pentes sont très fortes, généralement supérieures à 50 m/Km, qui sont dues à la résistance des formations consolidées au creusement. A l'aval, les pentes sont moins faibles à cause des formations meubles, les pentes très faibles s'étendent dans la zone entre Souk Essebt et Mechtet Mra Sfala (l'oued Mchekel ou la pente diminue jusqu'à 3.5 m/Km)

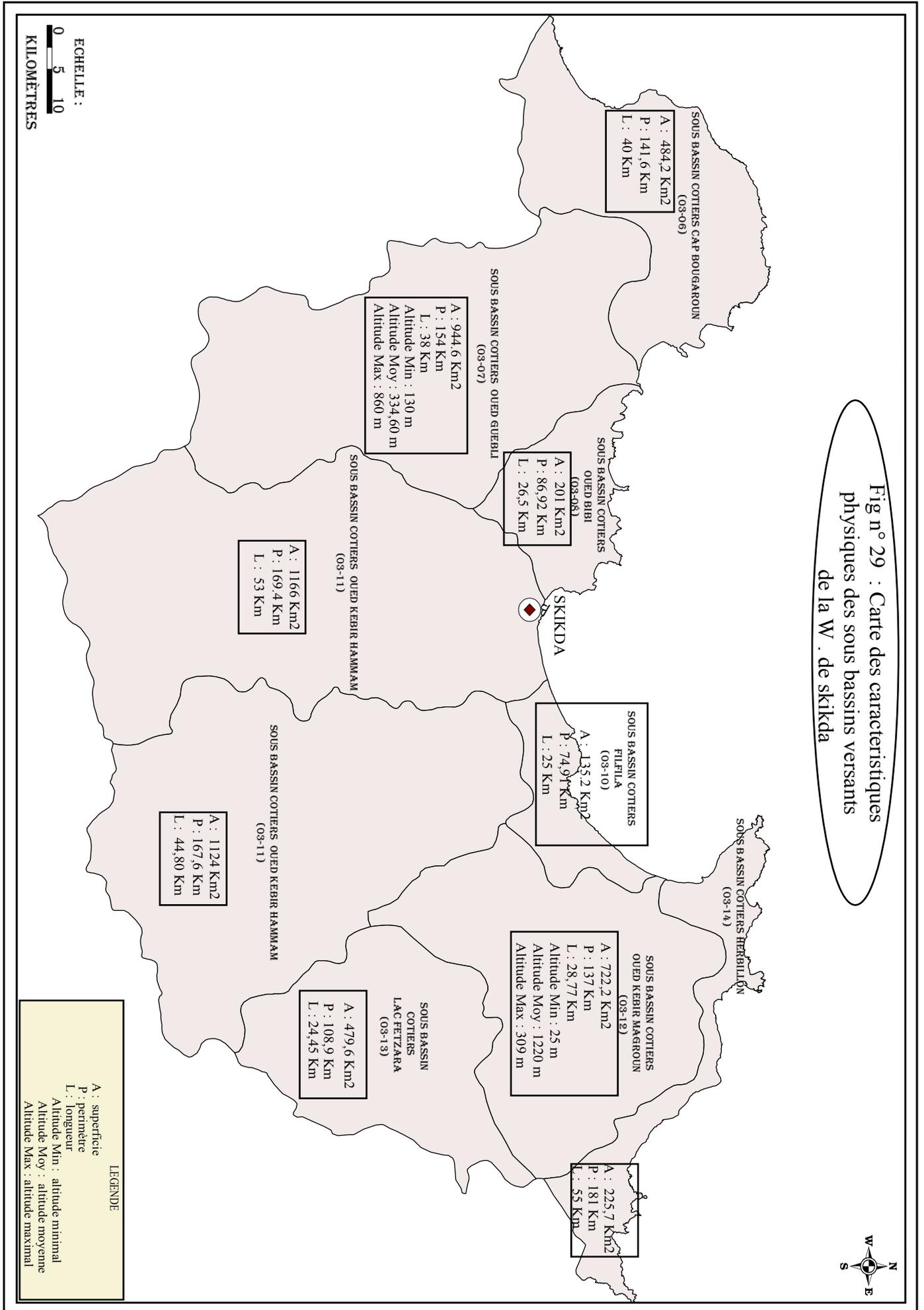
Il traverse les bassins de Azzaba et d'Essebt pour se déverser dans la mer tout en passant par le massif dunaire de Guerbez, il draine une superficie de 1135 Km<sup>2</sup>, son apport hydraulique est estimé à 282 Mm<sup>3</sup> en 2000 à la station de Ain Charchar.

##### **IV.3.1.2. L'oued Safsaf :**

Se trouvant au centre du terrain d'étude, c'est le principal oued dans le bassin versant de Safsaf, il débute au Sud dans les monts de Constantine, de direction Nord-Sud sa longueur est de 53.19 Km (ABH Constantine), ses principaux affluents sont l'oued Zeramna, oued Haddaratz. Le profil en long du cours d'eau principal montre qu'en amont, les pentes sont beaucoup plus élevées qu'à l'aval, elles sont de 11.3 m/Km au niveau de l'oued Brahim et Bouadjeb, et de 2.3 m/Km au environ d'El Harrouch.

Il traverse le bassin versant dans une direction SE-NW jusqu'au village de Ramdane Djamel, ensuite suivant une orientation NW-NE vers la plaine de Zeramna pour se jeter finalement dans la mer méditerranée, son apport hydraulique est estimé à la station de Khemakhem en 2000 à 150 Mm<sup>3</sup>, il draine une superficie de 1154 Km<sup>2</sup> (ABH Constantine, 2002). (Figure : 28)





### IV.3.1.3. L'oued Guebli :

Il prend naissance au Sud de la région de Oum Toub de direction Sud-Nord, il passe par la plaine de Tamalous puis celle de Collo pour enfin rejoindre la mer.

Sa longueur approximative est de 38 Km avec principaux affluents l'oued Guergoura et l'oued Fessa, il draine une superficie de 944.6 Km<sup>2</sup>.

Il apporte un volume annuel de 49 Mm<sup>3</sup> mesuré à la station de Guenitra (ABH de Constantine). (Figure :28).

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des trois oueds de la zone d'étude

Nom de l'oued	Longueurs en Km	Principaux affluents	Amont de l'oued	Exutoire	Superficie drainée Km <sup>2</sup>	Volume Mm <sup>3</sup> /an
<b>Kebir Ouest</b>	43	Fendek Aneb	Dj Boutellis	Mer	1154	282
<b>Safsaf</b>	53.19	Khemakhem Haddaratz	Monts de Constantine	Mer	1154	150
<b>Guebli</b>	38	Fessa Guergoura	Oum Toub	Mer	944.6	49
						Tot : 481

Source : ABH et DHW de Constantine

Tableau : 3 Les trois grands oueds de la région et leurs principaux affluents

### IV.3.2. Les barrages :

La wilaya de Skikda compte quatre (4) grands barrages en exploitation d'une capacité totale initiale de 317 Mm<sup>3</sup>, actuellement avec les problèmes d'envasement et autres, ils ne retiennent qu'un volume total de 292 Mm<sup>3</sup> par an, destiné à l'alimentation en eau potable des différentes communes de la wilaya, l'irrigation et l'industrie. (Figure : 27).

#### VI.3.2.1 Barrage de Zerdzas :

Situé dans la commune de Zerdzas cet ouvrage alimente en eau potable les régions d'El Harrouch, Sidi Mezghich, Salah Bouchaour, Zerdzas, Ain Bouziane et Medjez Edchich ainsi que la

zone industrielle de la ville de Skikda, il permet aussi l'irrigation de la plaine de Safsaf (1800 Ha) tout en protégeant la vallée du Safsaf contre les inondations.

Sa capacité initiale est estimée à 32 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 18 Mm<sup>3</sup>, son volume régularisable est de 18 Mm<sup>3</sup> par année.

### ***VI.3.2.2 Barrage de Guenitra :***

Localisé dans la commune d'Oum Toub il satisfait les besoins en eau potable de la Daïra de Skikda et sa zone industrielle, avec le barrage de Zerdzas il assure l'irrigation de la plaine de Safsaf.

Sa capacité initiale est estimée à 120 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 117 Mm<sup>3</sup> d'eau, son volume régularisable est estimé à près de 30 Mm<sup>3</sup> par an.

### ***VI.3.2.3 Barrage de Beni Zid :***

Réalisé dans la commune de Beni Zid d'une capacité initiale est de 40 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir qu'un volume de 39 Mm<sup>3</sup>, il est destiné pour assurer les besoins en eau potable de la ville de Collo et l'irrigation de 1500 Ha de terres agricoles, son volume regulisable est estimé à 20 Mm<sup>3</sup> par an (Fig : 27)

### ***VI.3.2.4 barrage de Zit Emba***

Implanté dans la commune de Bekhouche Lakhdar c'est un ouvrage d'une capacité totale initiale est de 120 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 116.59 Mm<sup>3</sup>, il couvre les besoins en eau potable de la région de Azzaba et assure l'irrigation du périmètre de Zit Emba (7000 Ha).

Son volume régularisable est de 45 Mm<sup>3</sup>(ANB de Skikda, 2005).

<b>Barrage</b>	<b>Commune</b>	<b>Capacité Mm<sup>3</sup> initiale</b>	<b>capacité actuelle Mm<sup>3</sup>/an</b>	<b>Volume regulisable</b>
<b>Zerdzas</b>	Zerdzas	32	18.112	18
<b>Guenitra</b>	OumToub	125	117.82	48
<b>BeniZid</b>	BeniZid	40	39.39	20
<b>Zit Emba</b>	B. lakhdar	120	116.59	43.4

**Source :** ANRH de Constantine

**Tableau :4 les différents barrages dans la wilaya de Skikda et leurs apports annuels.**

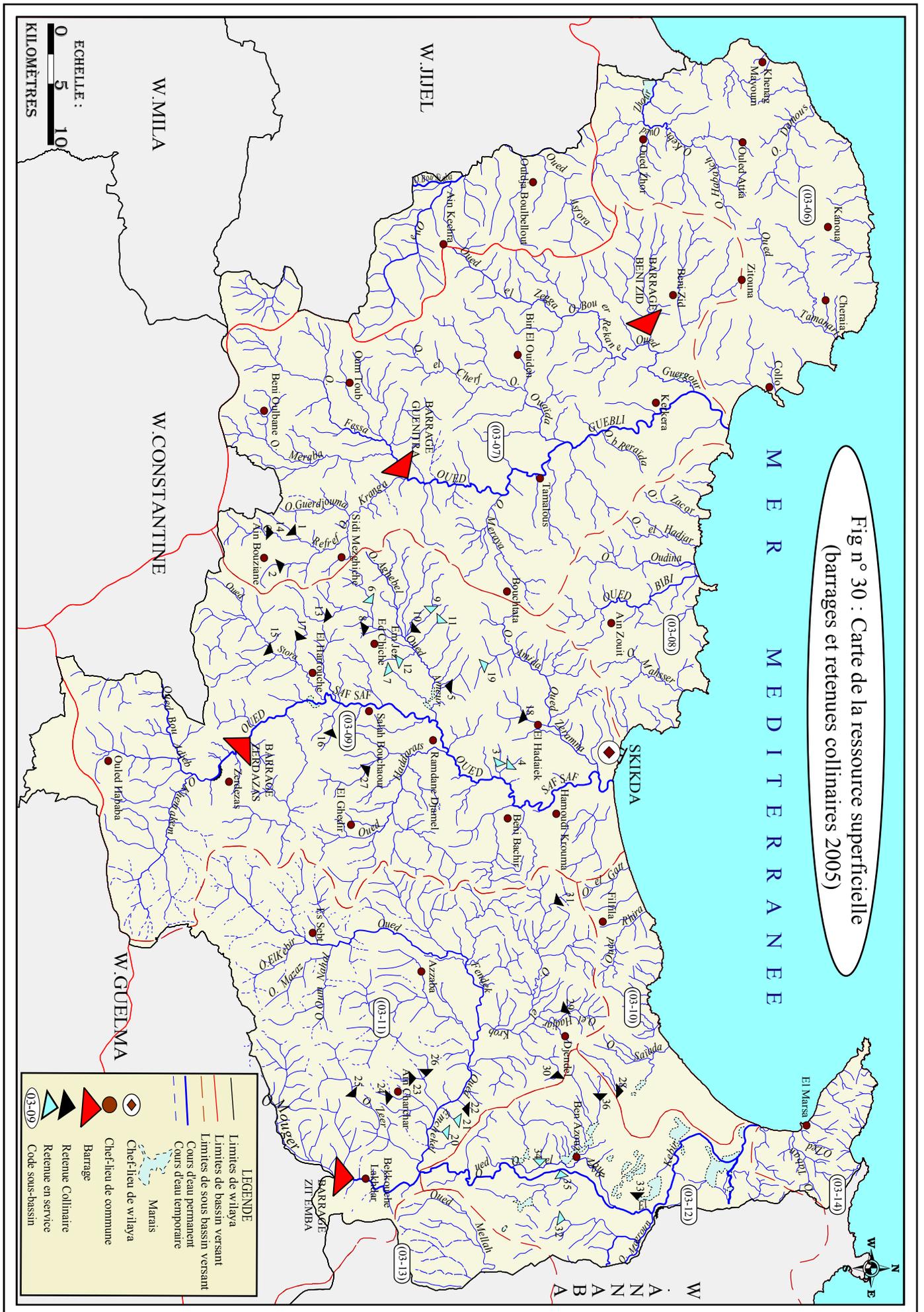
### VI.3.3 Les retenues collinaires :

Les retenues collinaires de la wilaya de Skikda son essentiellement destinées à l'irrigation, elles sont au nombre de 32 retenues mobilisant un volume d'eau approximative de 4 Mm<sup>3</sup> par an d'eau de surface, un grand nombre est en bon état avec des capacités qui peuvent atteindre 400000 m<sup>3</sup> tandis que d'autres sont en moyen ou mauvais état, actuellement il ne reste qu'une douzaine en service avec une capacité qui ne dépasse pas 2 Mm<sup>3</sup>/an. (Figure : 27).

Bassins versant	Nombre de R.C	Capacité totale Mm <sup>3</sup>
Oued Safsaf	19	2
Oued Kebir Ouest	13	2.4
<b>Total</b>	32	4.4
<b>R.C en service</b>	12	1.47

Source : ABH de Constantine 2006

**Tableau : 5** les différentes retenues collinaires dans la wilaya de Skikda et leurs capacités totales en Mm<sup>3</sup>.



## *Conclusion*

D'une manière générale dans la zone d'étude on peut trouver d'Est en Ouest :

Le massif dunaire de Guerbez avec ses deux nappes l'une superficielle et l'autre profonde.

La plaine de l'oued Kebir Ouest avec ses nappes alluvionnaires.

La vallée de Safsaf ou on trouve différentes nappes mais la plus importante et celle des alluvions.

La plaine de oued Zhour avec sa nappe alluvionnaire de sables et grés.

La plaine de Collo avec sa nappe creusée dans des roches métamorphiques remplie d'alluvions (sables et grés).

Le réseau hydrographique est constitué des oueds suivants:

Le Kebir Ouest est de direction Sud Nord, il apporte un volume de  $282 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

Le Safsaf est de direction Sud Nord, il apporte un volume de  $150 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

Le Guebli est de direction Sud Nord, il apporte un volume de  $49 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

L'oued Bibi est de direction Sud Nord, il apporte un volume de  $75 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

L'oued Zhour est de direction Sud Nord, il apporte un volume de  $479 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

Les barrages sont au nombre de quatre d'une capacité globale de  $292 \text{ Mm}^3$ , quant aux retenues collinaires elles sont au nombre de 12 avec une capacité de  $1.47 \text{ Mm}^3$  (2005).

# *Climatologie*

## V.Aperçu Climatologique

### Introduction

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle de l'eau, elles permettent le renouvellement total ou partiel des nappes par le biais des infiltrations. L'importance des pluies saisonnières notamment hivernales constitue l'élément déterminant d'une bonne recharge de ces nappes.

Seules les précipitations échappant à l'emprise de l'évapotranspiration et participant à la recharge de la nappe sont dites pluies efficaces. L'infiltration d'une lame d'eau dans la nappe assure le renouvellement de la ressource. C'est ainsi que se poursuit le cycle de l'eau avec toutes ses composantes (précipitation, température, humidité, vitesse du vent, infiltration...) et que l'eau circule dans l'atmosphère, ruisselle et pénètre dans le sol.

L'établissement d'un bilan hydrique d'une région nécessite la connaissance des paramètres qui conditionnent le fonctionnement de ce système, pour cela Des valeurs moyennes des données climatiques d'une période de dix ans (10) ont été utilisées pour cette étude.

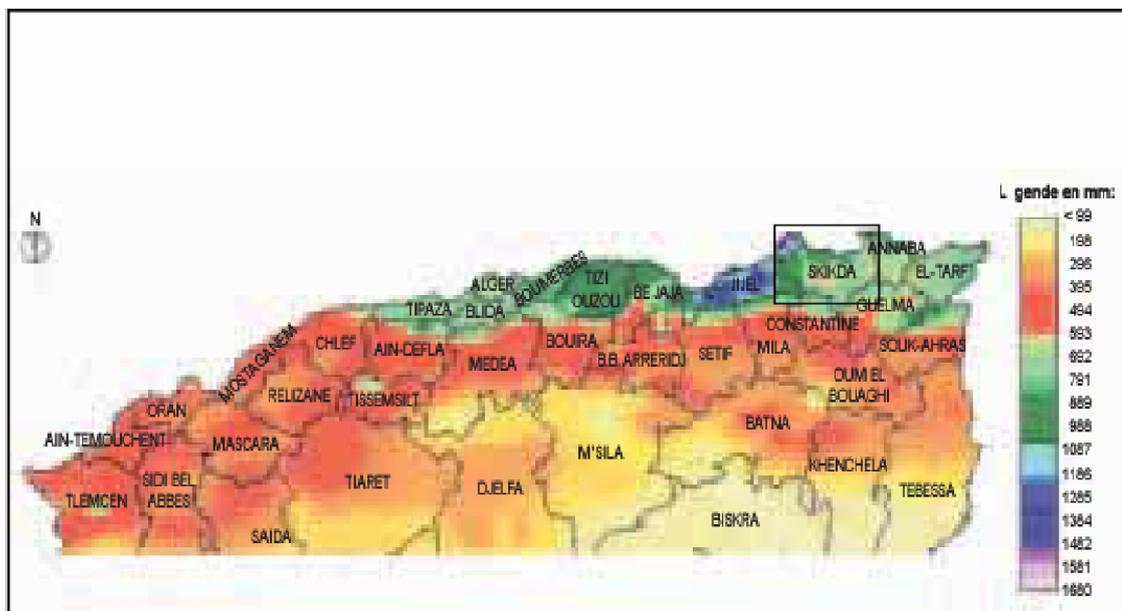
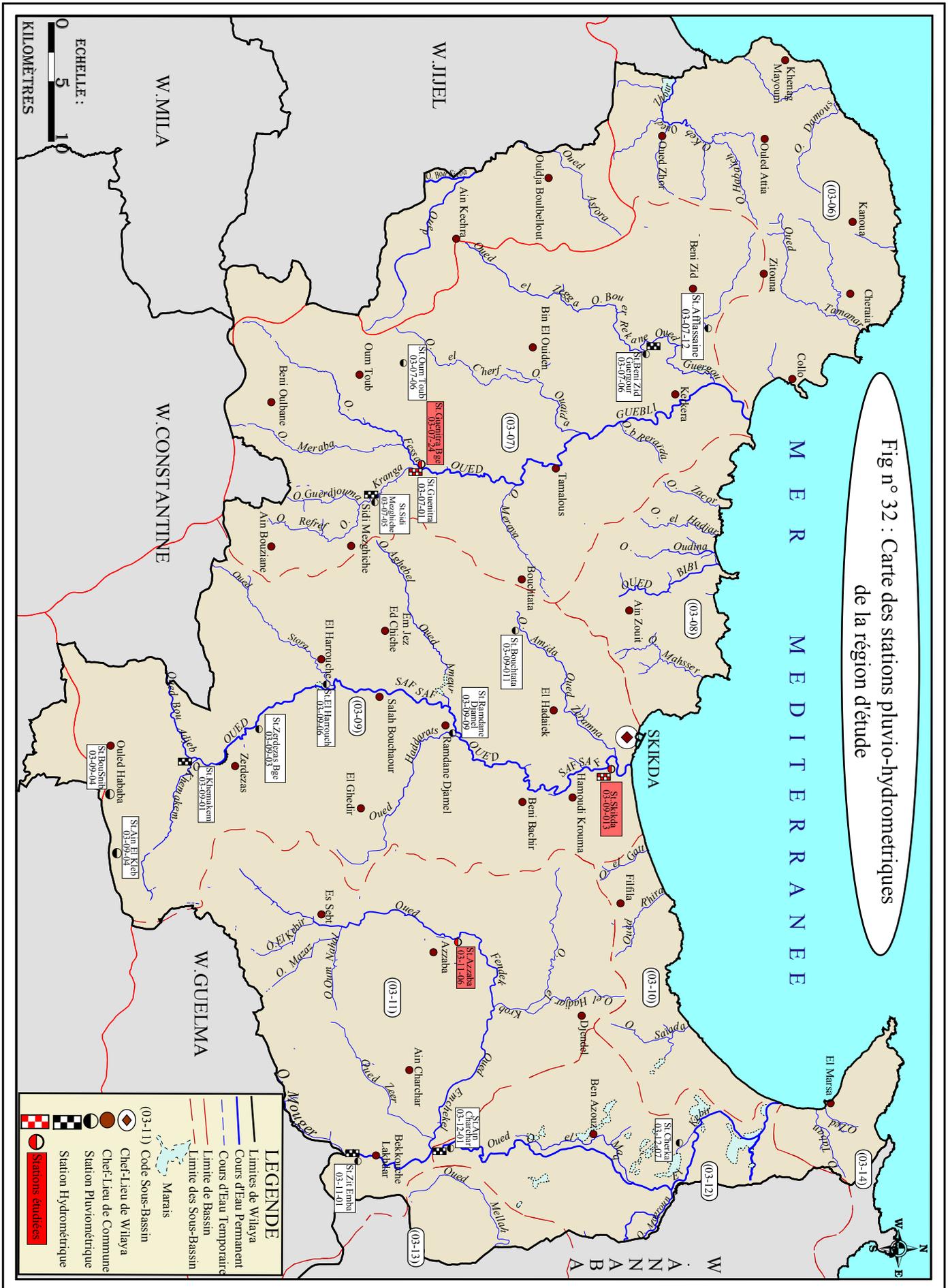


Fig : 31 Répartition des précipitations moyennes annuelles dans le Nord Algérien.



## V.1 Choix des stations de référence

Les différentes données ont été puisées de diverses stations météorologiques de la wilaya.

Trois stations ont été choisies pour mieux représenter tout le terrain : (fig : 29)

- A l'Est du terrain au niveau de l'oued Kebir Ouest (station de Azzaba),
- Au centre du terrain en aval de l'oued Safsaf (station de Skikda),
- A l'ouest du terrain en amont de l'oued Guebli (station de Guenitra).

Le choix de ces stations est également basé sur un autre critère jugé indispensable pour la fiabilité de cette étude à savoir l'existence de séries complètes pour la durée de notre étude.

Les stations prises en compte, leurs coordonnées géographiques ainsi que la période d'observation sont donnés dans le tableau suivant :

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	longitude	latitude	Période
Azzaba	892.35	391.35	90	7° 5' E	36° 44 N	94/04
Skikda	850.43	405.15	1	6° 56' E	36° 52 N	94/04
Guenitra	852.000	386.500	169	6° 54' E	36° 04 N	94/04

Tab : 6 - Les stations de référence et leurs coordonnées.

## V.2 Etude des facteurs climatiques

### V.2.1 Précipitations :

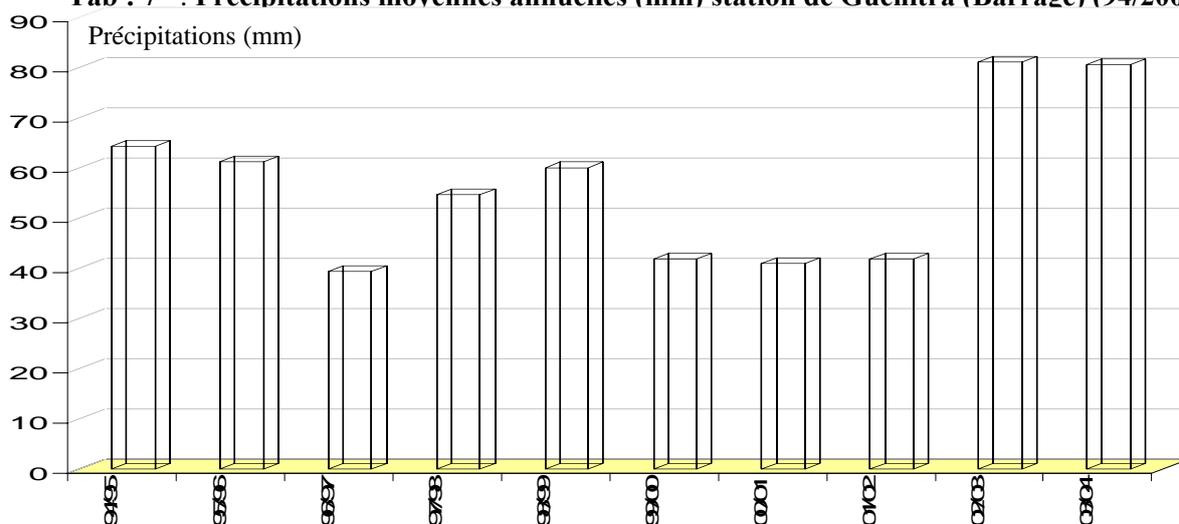
Les bassins de la wilaya de Skikda appartiennent à l'une des régions les plus arrosées du Nord de l'Algérie ce qui caractérise leur appartenance au climat méditerranéen sub-humide à humide (Fig : 28).

En effet, la pluviométrie est très importante dans cette région et sa répartition se calque bien sur les reliefs ou les pluies peuvent atteindre 1200 mm/an, c'est-à-dire que dès que nous montons en altitude les précipitations s'accroissent et diminuent dans

les fonds des vallées, mais restent encore plus ou moins élevées (800-900 mm/an) par apport aux autres régions avoisinantes

Année	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Moy</b>	64,33	61,23	39,41	54,65	60,05	41,85	41	41,89	81,12	80,64
<b>Tot</b>	772	734,8	473	655,8	720,7	502,2	492	504,7	937,5	967,7

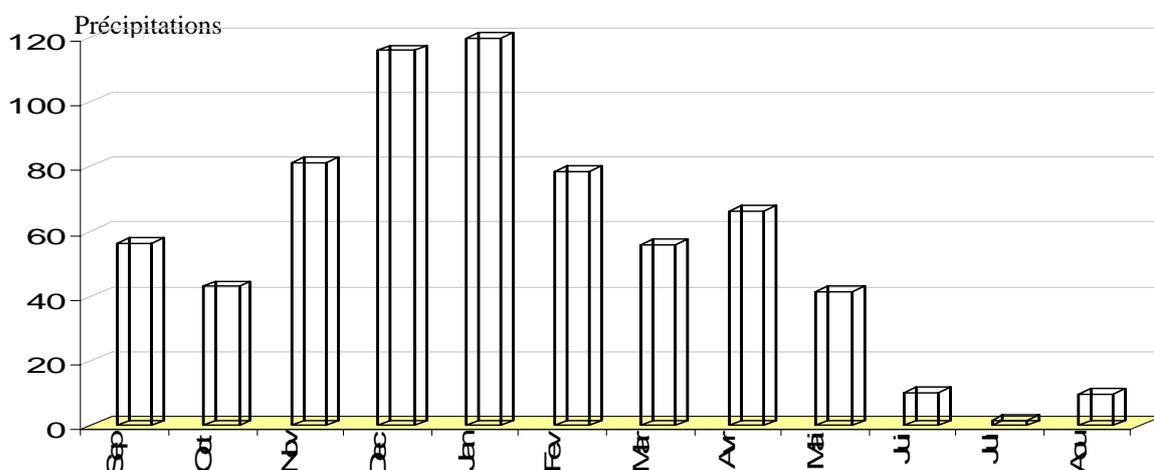
**Tab : 7 : Précipitations moyennes annuelles (mm) station de Guenitra (Barrage) (94/2004)**



**Fig. : 33 - Variation des précipitations moyennes annuelles (mm) Station de Guenitra (1994/2004).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
<b>Moy</b>	56,41	43	81,34	116,04	119,71	78,59	55,97	66,2	41,56	10	1,49	9,83
<b>Tot</b>	564,1	430	813,4	1160,4	1197,1	785,9	559,7	662	415,6	100	14,9	98,3

**Tab :8 Précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Guenitra barrage (1994/2004).**



**Fig : 34Variation des précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Guenitra (1994/2004).**

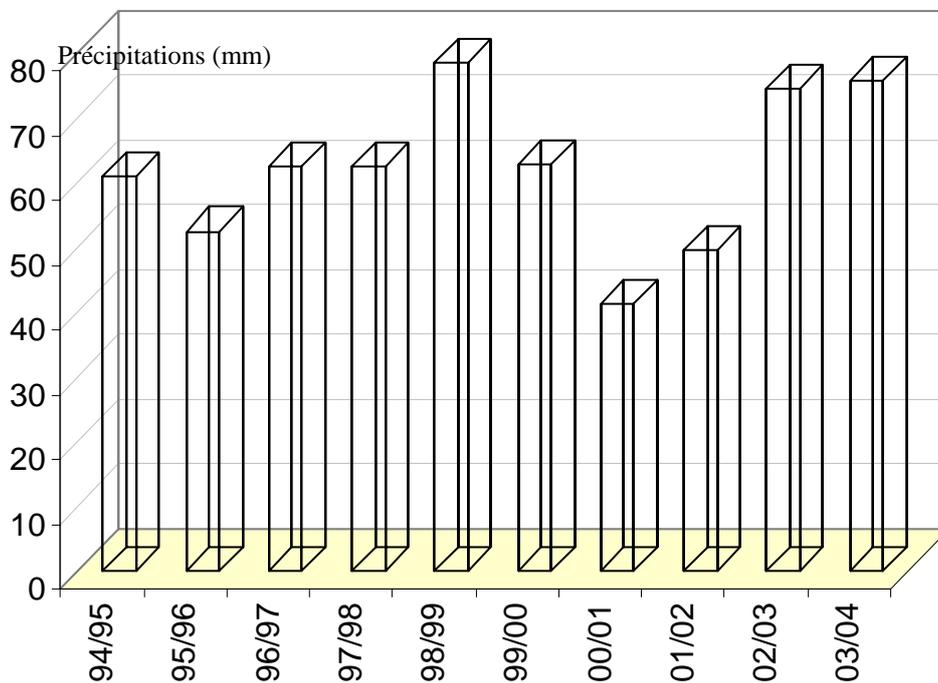
Sur les diagrammes qui ont précédé on constate que:(Fig 31)

- l'évolution des pluies moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guenitra (barrage) nous montre les mois les plus pluvieux de l'année (Décembre, Janvier) avec 116.04 mm et 119.71 mm respectivement.
- l'évolution des pluies moyennes annuelles au niveau de la même station nous montre les années hydrologiques les plus pluvieuses (2002/2003, 2003/2004) avec 81.12 mm

Année	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
Moy	60.91	52.46	62.39	62.55	78.55	62.80	41.14	49.5	74.44	74.58
Tot	731	629.6	748.7	750.7	842.7	753.7	493.7	594	893.3	907

et 80.64 mm respectivement.

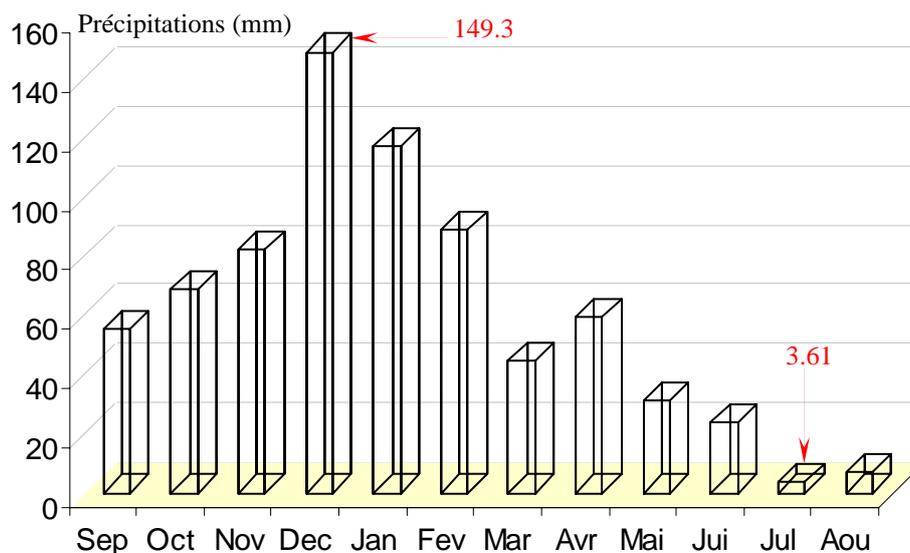
**Tab : 9 - Précipitations moyennes annuelles en (mm) (1994-2004) de la station de Skikda (nouveau Port).**



**Fig. : 35 -Variation des précipitations moyennes annuelles (mm). Station de Skikda (nouveau port) (1994-2004).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
<b>Tot</b>	552,4	688	820,8	1492,3	1172,3	890,9	449,3	597,5	311,8	239,2	36,1	72,9
<b>Moy</b>	55,24	68,8	82,08	149,23	117,23	89,09	44,93	59,75	31,18	23,92	3,61	7,29

**Tab : 10 - Précipitations moyennes mensuelles (1994-2004) Station de Skikda (nouveau port).**



**Fig : 36 - Variation des précipitations moyennes mensuelles (mm). Station de Skikda (nouveau port) (1994-2004).**

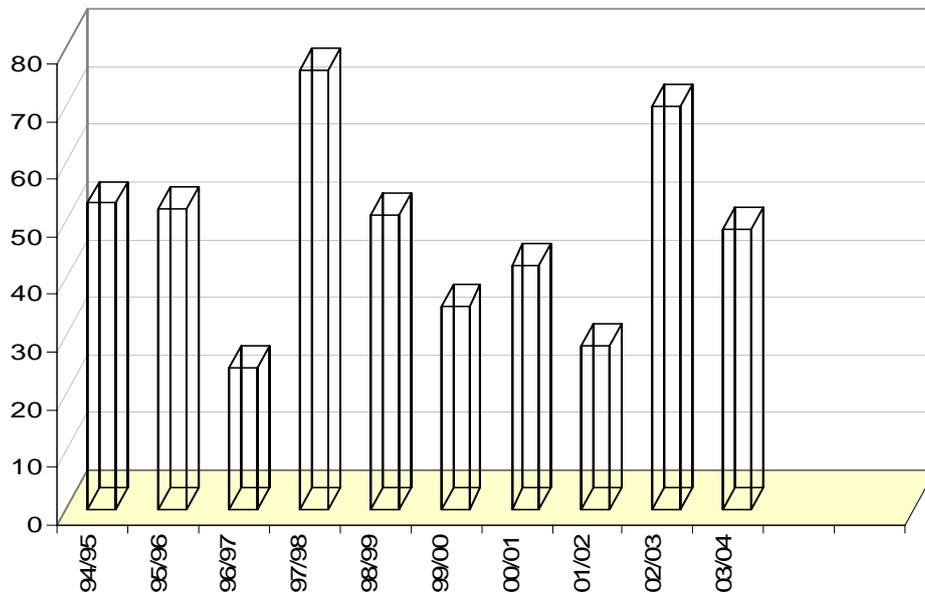
Sur les diagrammes ci-dessus on constate que (Fig 33)

-l'évolution des précipitations moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Skikda nous montre le mois le plus pluvieux (décembre) avec une moyenne de 149.23 mm.

-L'évolution des précipitations moyennes annuelles au niveau de la même station nous montre les années hydrologiques les plus pluvieuses (98/99, 02/03, 03/04) avec des moyennes de 78.55 mm, 74.44 mm et 75.58 mm respectivement.

Années	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Tot</b>	393.24	625.3	294.3	911.3	609.7	420.9	505	339.4	835.9	581.6
<b>Moy</b>	52,97	52,11	24,52	75,94	50,81	35,07	42,08	28,28	69,66	48,46

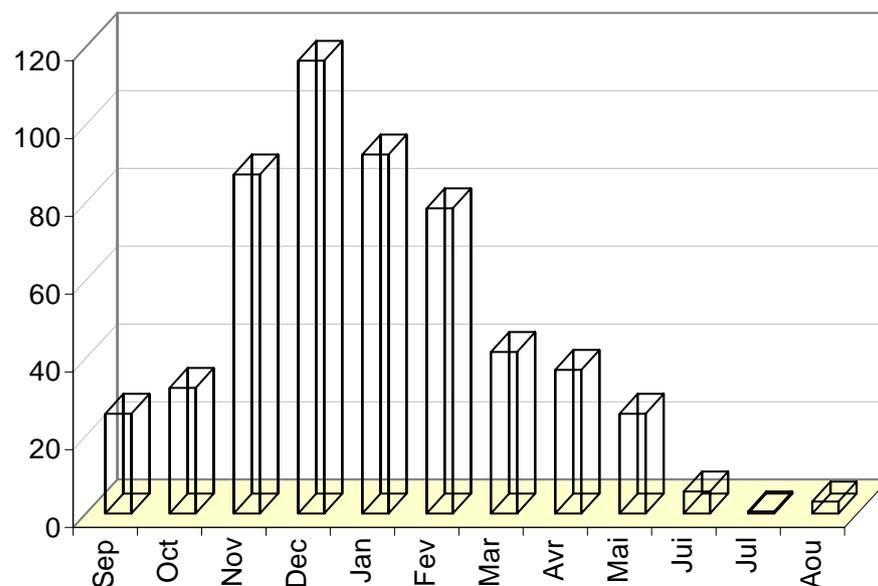
**Tab :11 - Précipitations moyennes annuelles (mm) (94/2004) Station de Azzaba.**



**Fig : 37 - Variation des précipitations moyennes annuelles (mm) à la station**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
<b>Tot</b>	256.7	321.7	872	1164.4	922.84	783.9	416.6	368.9	258.5	57	7.8	30.5
<b>Moy</b>	25,67	32,17	87,2	116,44	92,28	78,39	41,66	36,89	25,85	5,7	0,78	3,05

**Tab : 12 - Précipitations moyennes mensuelles (mm) Station de Azzaba (94/2004).**



**Fig: 38 Variation des précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Azzaba (1994/2004).**

Sur les diagrammes ci-dessus on constate que :

-L'évolution des précipitations moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Azzaba nous montre les mois les plus pluvieux (décembre et janvier) avec 170.8 mm et 111.2 mm respectivement.

-L'évolution des précipitations moyennes annuelles nous montre les années hydrologiques les plus arrosées (97/98 et 02/03) avec une moyenne de 75.94 mm et 69.66 mm respectivement.

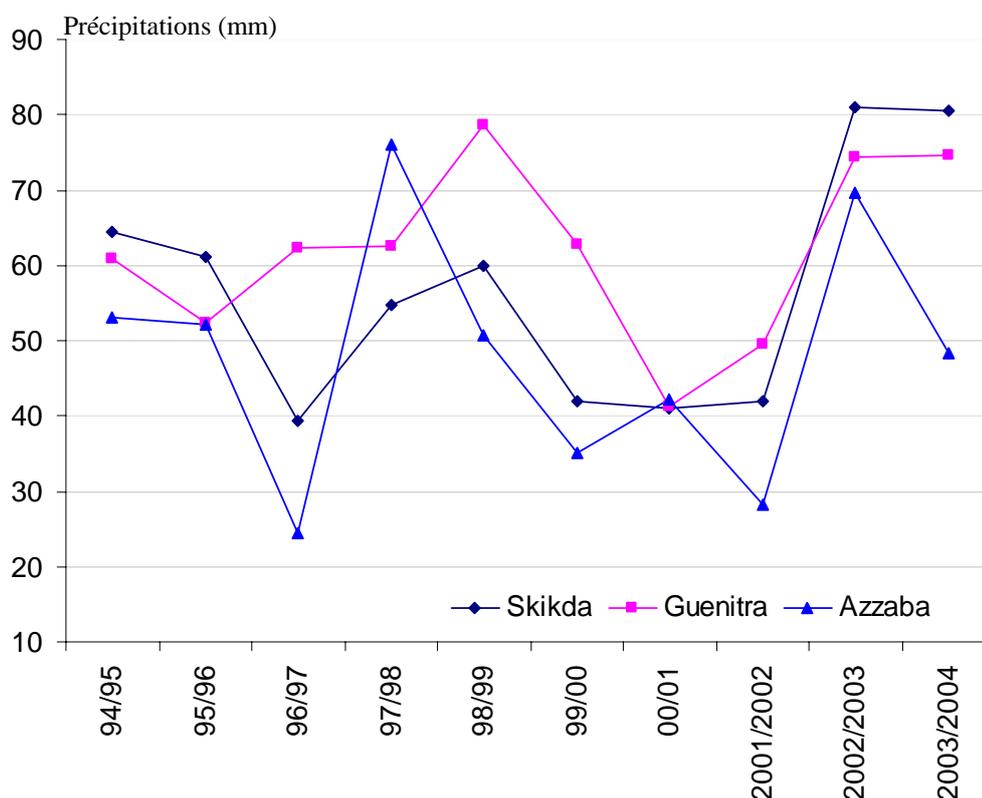


Fig. : 39 -Variation des précipitations moyennes annuelles dans les trois

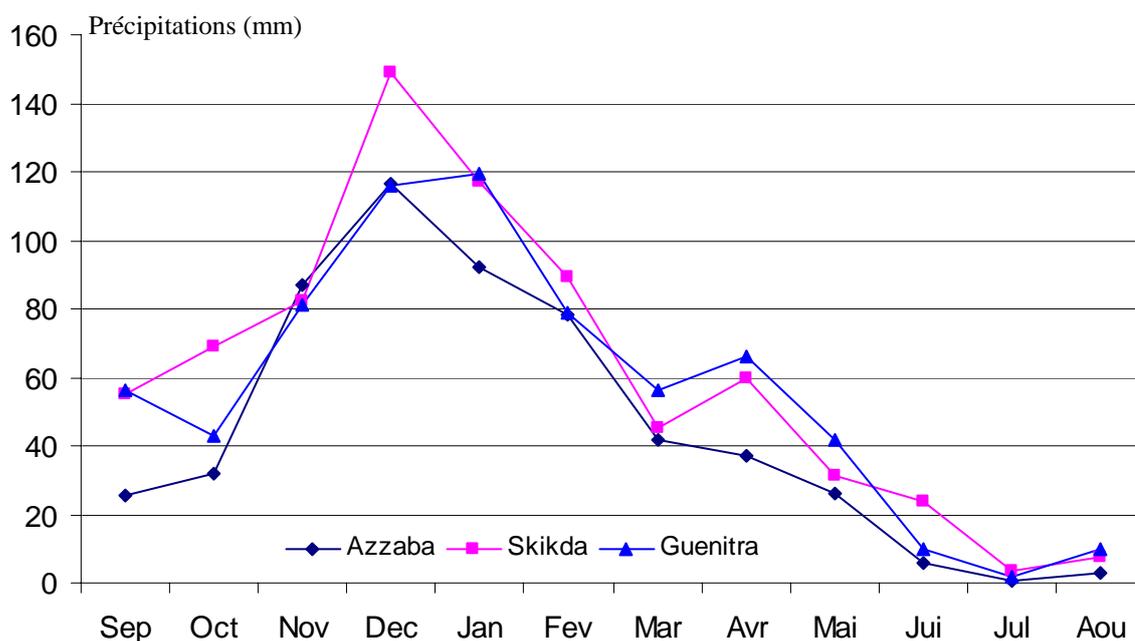


Fig : 40 - Variation des précipitations moyennes mensuelles dans les trois station (1994/2004)

En comparant les lames d'eau précipitées par année au niveau des trois stations de mesure on remarque que, la station de Guenitra a enregistré plus de pluies que celles de Azzaba et Skikda avec un écart de 10 à 15 mm par année (Figure :37).

### Répartition saisonnière des précipitations :

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (automne : S O N, l'hiver : D J F, printemps : M A M, été : J J A).

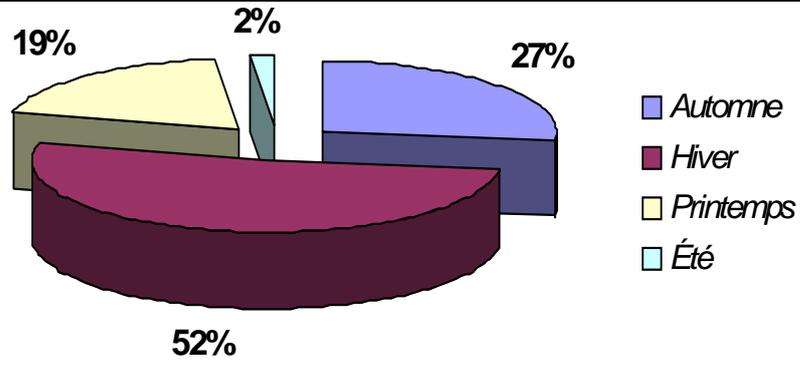
Saison	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
Station	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Skikda	206.12	28.14	355.55	48.55	135.86	18.51	34.82	4.75
Guenitra	180.75	26.57	314.34	46.22	163.73	24.07	21.32	3.13
Azzaba	145.04	24.91	287.03	49.31	104.4	17.93	9.53	1.63

Tab : 13 - Répartition saisonnières des précipitations dans les trois stations (94/04)

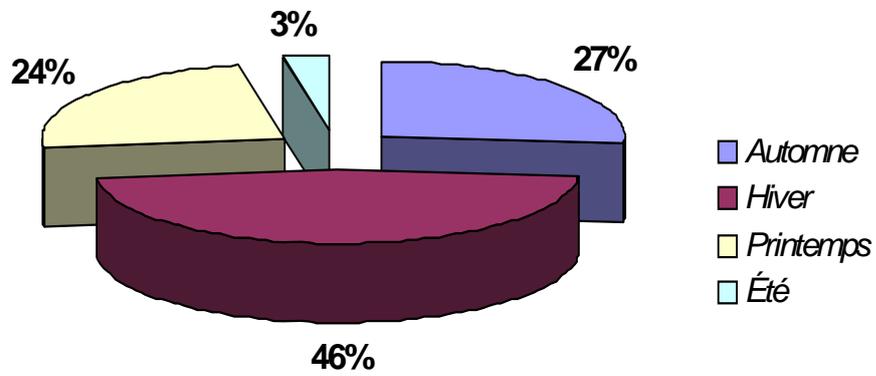
En observant le tableau ci-dessus, on remarque que la saison hivernale est la plus pluvieuse au niveau des trois bassins versant de la région, ou il tombe en moyenne de 287 à 355 mm soit 46 à 49 % des pluies totales annuelles.

L'automne et le printemps sont les saisons où la pluviométrie est moyenne variant de 104 mm à 206 mm soit 17.93 % et 28.14 % des pluies totales annuelles.

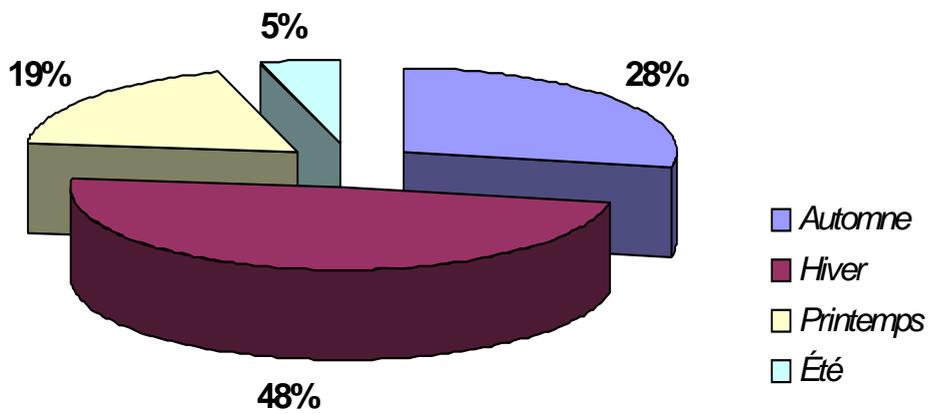
Reste l'été qui est la saison la plus sèche où la pluviométrie est faible allant de 10 mm à 34 mm à travers les bassins versants de la région d'étude, soit 1.63 à et 4.75 % de la totalité des pluies.(Figure :38).



Azzaba



Guenitra



Skikda

Fig : 41 Répartition saisonnière des précipitations (94/04).

**IV.2.2 Températures :**

C'est un facteur très important régissant le phénomène de l'évapotranspiration.

Un maximum de température est enregistré dans les différentes stations de mesure durant le mois de Août et un minimum durant le mois de Janvier.

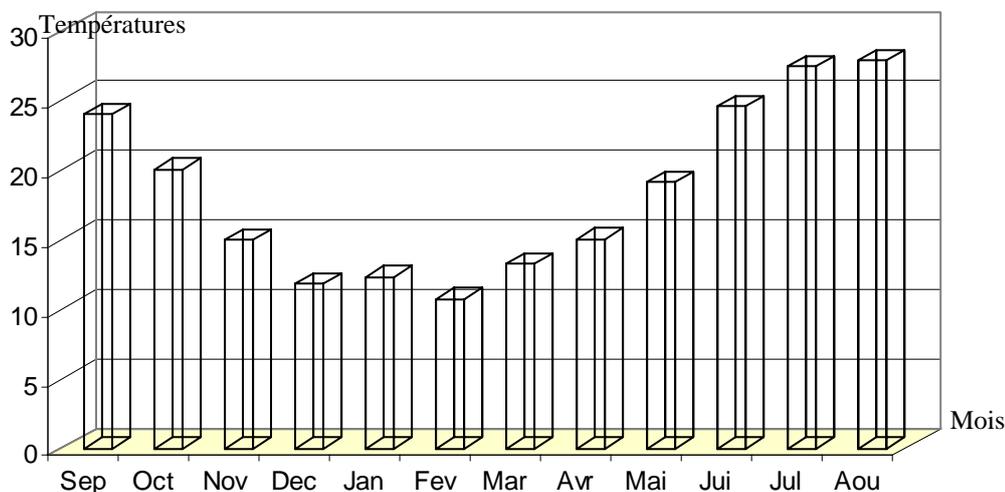
Il ressort du tableau : que le mois de Janvier est le plus froid de l'année alors que les mois les plus chauds sont ceux de Juillet et Août.

<b>Années</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>	<b>96/97</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>	<b>02/03</b>	<b>03/04</b>
<b>Moy</b>	17,33	18,1	18,24	18	18,17	18,77	18,9	18,71	17,48	17,52

**Tab : 14 - Températures moyennes annuelles (1995-2004) de la station de Guenitra (Barrage).**

	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Jul</b>	<b>Aou</b>
<b>Moy</b>	23,92	20,01	14,96	11,83	12,29	10,71	13,19	14,99	19,05	24,48	27,38	27,74

**Tab :15 - Températures moyennes mensuelles (1994-2004) de la station de Guenitra (Barrage).**



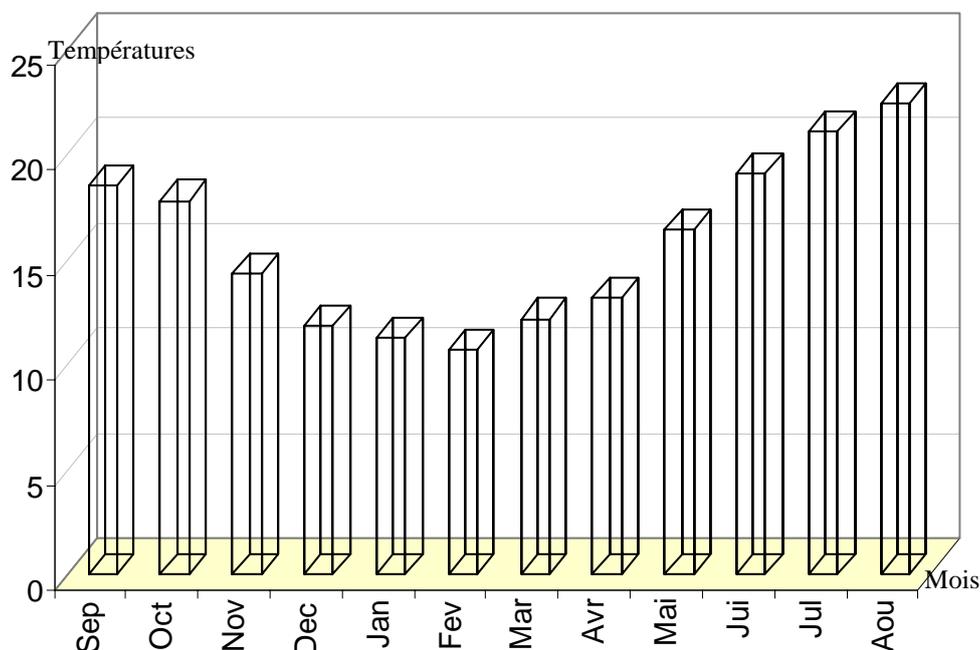
**Fig : 42 - Variation des températures moyennes mensuelles (mm).  
Station de Guenitra**

<b>Années</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>	<b>96/97</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>	<b>02/03</b>	<b>03/04</b>
<b>Moy</b>	17,37	19,25	18,34	19,07	18,74	19,26	19,05	19,52	18,66	19,55

**Tab : 16 Températures moyennes annuelles (1994-2004) de la station de Skikda  
(nouveau Port).**

	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Jul</b>	<b>Aou</b>
<b>Moy</b>	18,48	17,78	14,30	11,83	11,26	10,67	12,18	13,16	16,42	19,11	21,11	22,39

**Tab : 17 Températures moyennes mensuelles (1994-2004) de la station de Skikda (nouveau Port).**



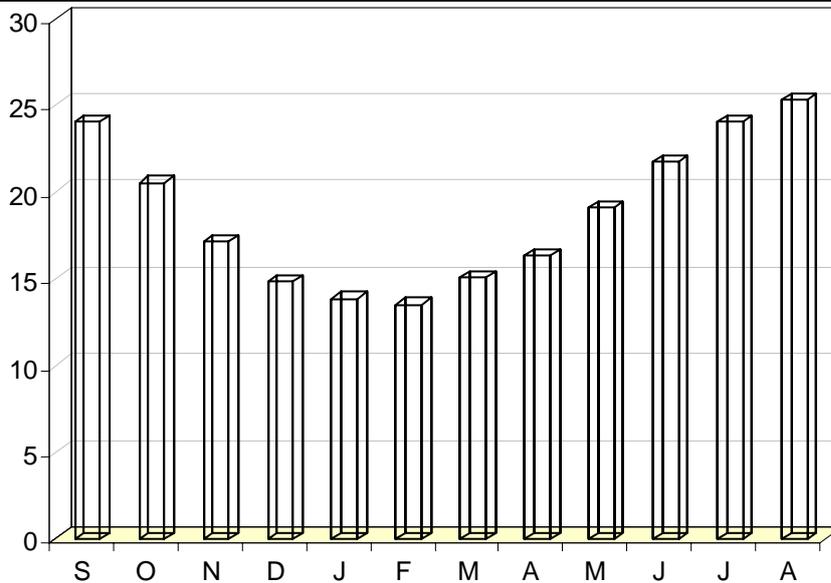
**Fig : 43 - Variation de la température moyenne mensuelle (°C) Station de Skikda (1994/2004).**

<b>Années</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>	<b>96/97</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>	<b>02/03</b>	<b>03/04</b>
<b>Moy</b>	18.86	18.52	19.46	18.66	18.49	18.82	19.02	18.55	19.12	18.33

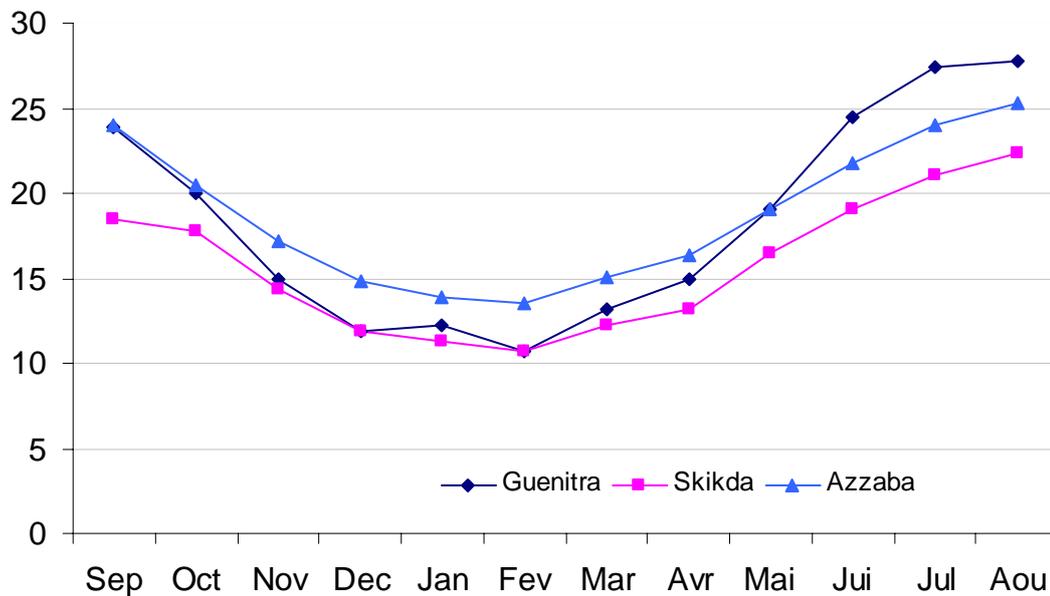
**Tab : 18 Températures moyennes annuelles (mm) de la station de Azzaba (1994/2004).**

<b>Mois</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Jul</b>	<b>Aou</b>
<b>Moy</b>	24.04	20.52	17.14	14.81	13.86	13.50	15.06	16.31	19.11	21.73	24	25.28

**Tab : 19 Températures moyennes mensuelles (mm) de la station de Azzaba (1994/2004).**



**Fig : 44 - Variation des températures moyennes mensuelles (°C) à la station de Azzaba (1994/2004).**



**Fig: 45 Variation de la température moyenne mensuelle dans les trois station (1994/2004).**

En observant le graphe ci-dessus (Figure :) on remarque que la station de Azzaba a enregistré des températures légèrement plus élevées que celles enregistrées à la station de Skikda et Guenitra durant la période humide avec un écart de 2 à 3°C.

### IV.3. Détermination du type du climat :(Indice De Martonne) :

Pour la détermination du type de climat De Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$A = P / T+10$$

Avec :

- **A** : indice d'aridité annuelle
- **P** : précipitations moyennes annuelles en mm.
- **T** : températures moyennes annuelles en mm.

Selon De Martonne :

- $A < 5$  : le climat est hyper aride.
- $5 < A < 10$  : le climat est très sec.
- $10 < A < 20$  : le climat est sec.
- $20 < A < 30$  : le climat est tempère.
- $A > 30$  : le climat est humide (écoulement abondant).

Les résultats de l'indice d'aridité trouvés pour les trois stations de la zone d'étude (Skikda, Guenitra, Azzaba) montrent que le climat est du type tempéré caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude

### IV.4 Calcul du coefficient pluviométrique :

Le calcul du coefficient pluviométrique permet de déterminer si l'année est déficitaire ou excédentaire, il est défini par le rapport de la pluviométrie d'une année ( $H_i$ ) et la pluviométrie moyenne ( $h$ ) pour une période de  $h$  années.

$$H = H_i / h$$

Années hydrologiques	hauteur annuelle des pluies (mm)	coefficient pluviométrique	type de l'année
1994/1995	772	1.14	E
1995/1996	734.8	1.08	E
1996/1997	473	0.70	D
1997/1998	655.8	0.97	D
1998/1999	720.7	1.06	E
1999/2000	502.2	0.74	D
2000/2001	492	0.72	D
2001/2002	504.7	0.74	D
2002/2003	937.5	1.38	E
2003/2004	967.7	1.43	E

Tab : 20 Coefficient pluviométrique Station de Guenitra (94/2004).

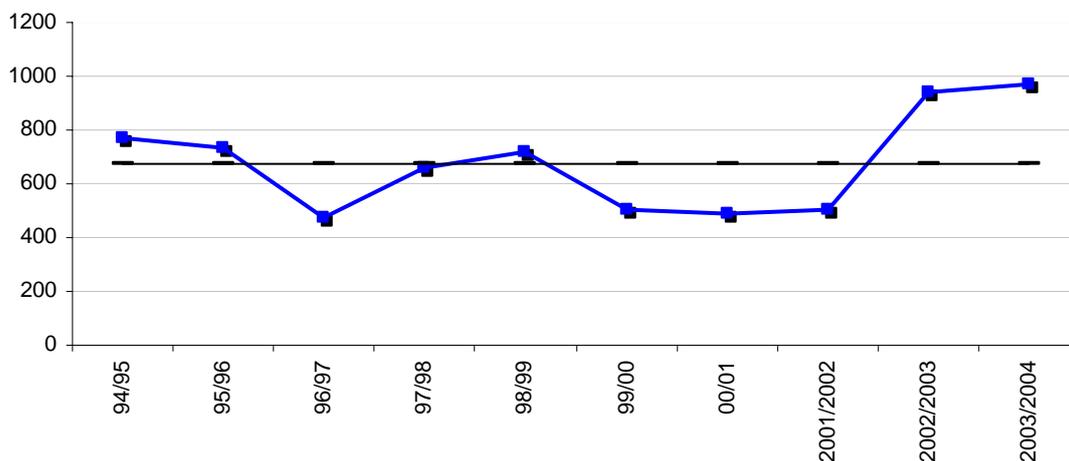


Fig : 46 Evolution annuelle des précipitations dans la station de Guenitra (1994/2004)

On examinant les résultats trouvés (tab : 20) que sur la série de dix années d'observation à la station de Guenitra, cinq années déficitaires et cinq autres excédentaires

avec une année hydrologique sèche (2000/2001) de 492 mm/an et une année humide (2003/2004) avec 967.7 mm/an.

Cette évolution est plus apparente sur (Figure : 43) où les années déficitaires et celles excédentaires sont plus visible.

Années hydrologiques	Hauteur annuelle des pluies (mm)	coefficient pluviométrique	type d'années
1994/1995	731	0.99	D
1995/1996	629.6	0.85	D
1996/1997	748.7	1.02	E
1997/1998	750.7	1.02	E
1998/1999	842.7	1.14	E
1999/2000	753.7	1.02	E
2000/2001	493.7	0.67	D
2001/2002	594	0.80	D
2002/2003	893.3	1.21	E
2003/2004	907	1.23	E

Tab : 21 Coefficient pluviométrique de la station de Skikda (94/2004).

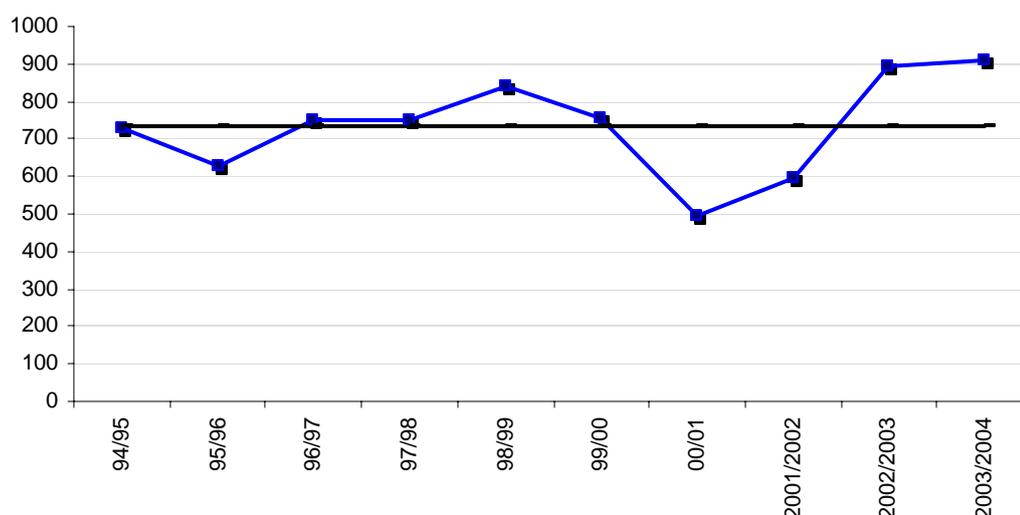


Fig. : 47 - Evolution annuelle des précipitations dans la station de Skikda (1994/2004).

D'après les résultats trouvés (Tableau : 21) on remarque qu'il y'a quatre années déficitaires et six autres excédentaires durant la série de dix années d'observation.

L'année hydrologique la plus arrosée est (2003/2004) avec 907 mm/an et l'année la plus sèche (2000/2001) avec 493.7 mm/an (Figure :44).

Années hydrologiques	Hauteurs annuelles des pluies (mm)	Coefficient pluviométrique	Type d'années
94/95	635.64	1.32	E
95/96	625.32	1.30	E
96/97	294.24	0.61	D
97/98	911.28	1.89	E
98/99	609.72	1.27	E
99/00	420.84	0.87	D
00/01	504.96	1.05	E
01/02	339.36	0.70	D
02/03	835.92	1.74	E
03/04	581.52	1.21	E

Tab : 22 Coefficients pluviométriques de la station de Azzaba (94/2004).

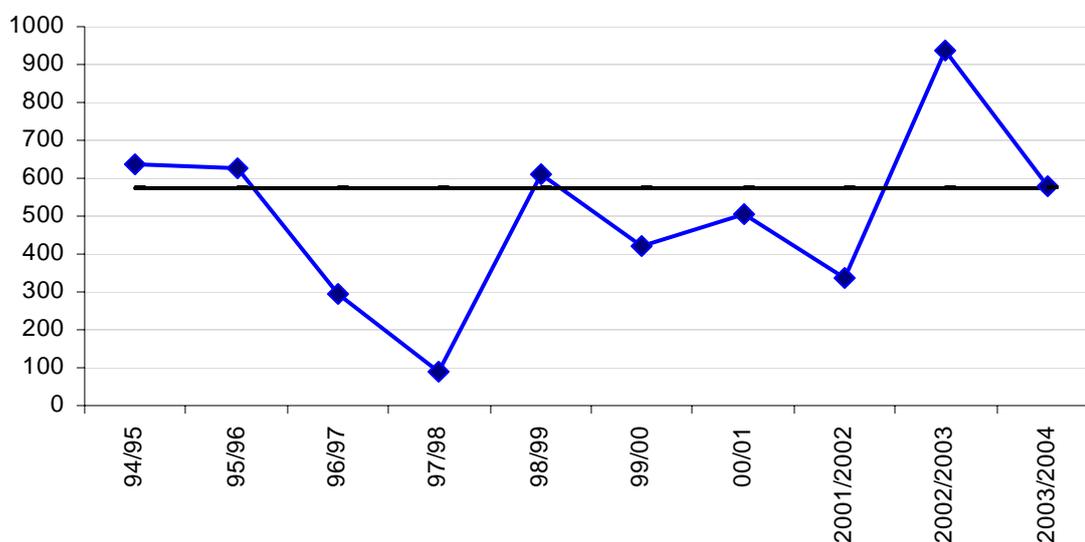


Fig : 48 Evolution annuelle des précipitations à la station de Azzaba (1994/2004).

En examinant les résultats du (Tableau :22), dans la série de dix années d'observation trois années sont déficitaires, la plus sèche est 96/97 avec une pluviométrie de 294.24mm.

Les sept années restantes sont excédentaires, l'année hydrologique la plus arrosée est 97/98 avec une pluviométrie de 911.28mm.

La distinction entre les deux types d'année est plus visible sur (figure :45).

#### **IV.5 Diagramme pluviothermique : (courbe de Gaussen et Bagnouls T=2P)**

Le diagramme pluviothermique (combinaison de deux paramètres climatiques la température et les précipitations), permet la distinction entre deux périodes l'une humide et l'autre sèche.

D'une manière générale, la région d'étude possède une saison humide qui s'étend du mois de novembre au mois de mars et d'une saison sèche qui s'étend du mois d'avril au mois d'octobre.

En examinant la figure ci-dessous (Figure :46) on remarque que dans la station de Guenitra la période humide s'étend du mois de novembre jusqu'à mars.

La période sèche débute au mois d'avril et se termine au mois de novembre.

Au niveau de la station de Skikda (Figure :47), la période humide débute au mois de novembre et se termine au mois de février, et la période sèche commence au mois de février et se termine au mois de novembre.

Au niveau de la station de Azzaba (Figure :48) la période humide débute au mois de novembre et se termine au mois de mars, la période sèche débute au mois de mars et se termine au mois de novembre.

On constate que les deux périodes humide et sèche s'étalent sur la même période dans les trois stations, quatre mois et huit mois respectivement.

La période sèche est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire de l'année.

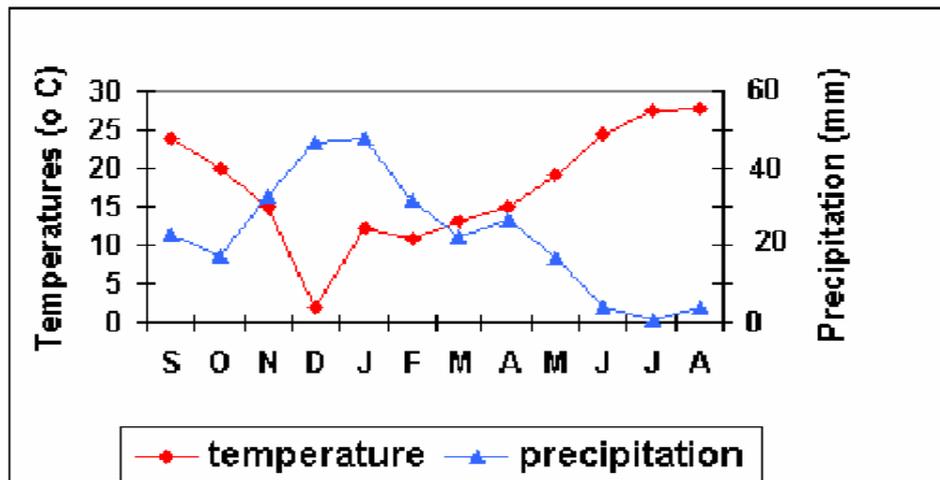


Fig : 49 Diagramme pluviothermique station de Guenitra (1994/2004).

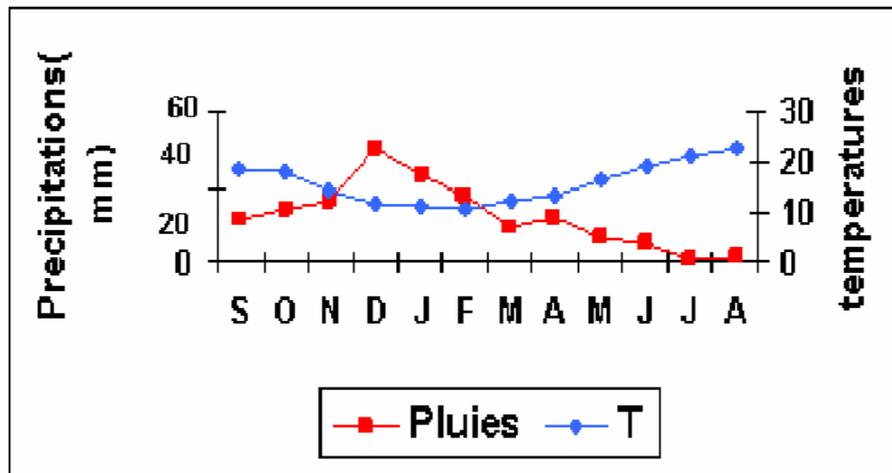


Fig : 50 Diagramme pluviothermique station de Skikda (1994/2004).

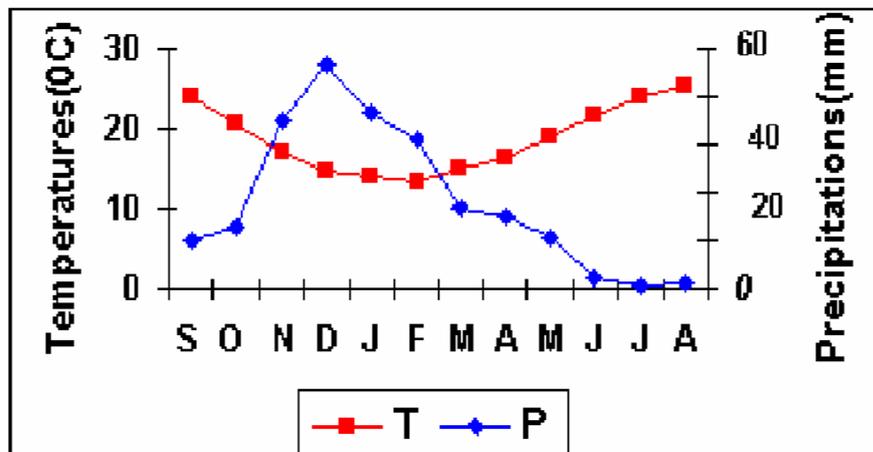


Fig : 51 Diagramme pluviothermique station de Azzaba (1994/2004).

#### IV.6 Calcul du bilan hydrologique :

Le bilan hydrologique est fonction de plusieurs facteurs du système hydrologique tels que les précipitations, le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration potentielle et réelle. Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (Castany 1982) :

$$P = ETR + R + I$$

Avec

- **P** : précipitation moyenne annuelle (mm).
- **ETR** : l'évapotranspiration annuelle (mm).
- **R** : ruissellement moyen annuel (mm).
- **I** : infiltration moyenne annuelle (mm).

##### IV.6.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

C'est la somme des processus de l'évaporation et la transpiration de l'eau sur une surface donnée et pendant une période définie, les paramètres agissant sur ce processus sont la température de l'air, la température de l'eau, le degré d'humidité du sol, le rayonnement solaire, le vent et la pression atmosphérique.

On peut l'estimer avec la formule de L. TURC (1961) :

$$ETR = P / ( 0.9 + P^2 / L^2 )^{1/2} \text{ (mm/an)}$$

Avec :

- **L** =  $300 + 25T + 0.05 T^3$  (facteur qui tient compte des échanges de chaleur) ;
- **P** : Précipitation moyenne annuelle en mm ;
- **T** : Température moyenne annuelle en °C.

Stations	P (mm)	ETR (mm)	ETR %
Skikda	732.35	652.38	89.08
Guenitra	680.14	595.93	87.61
Azzaba	582.08	505.	86.75

Tab : 23 : Résultats de l'ETR dans les trois station (1994/2004).

#### IV.6.2 Estimation du ruissellement (R) :

Le ruissellement (R) peut être calculé par deux formules :

- Tixeront Berkallof avec la condition de  $P > 600$  mm

$$R = P^3 / 3$$

- Tixeront Berkallof modifiée par Romantchouk (1974)

Avec la condition de  $P < 600$  mm

$$R = P^3 / 3 \cdot (ETP)^2$$

Avec :

- **R** : ruissellement en mm ;
- **P** : précipitation moyenne mensuelle en mm ;
- **ETP** : évapotranspiration potentielle en m.

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm, la formule utilisée est celle de Tixeront (première).

La lame d'eau ruisselée des précipitations des trois stations est reportée sur le tableau qui suit :

Stations	Pr (m)	ETP (m)	R (m)	R (%)
Skikda	0.73235	0.81404	0.13092	17.87
Guenitra	0.68014	0.9207	0.10487	15.41
Azzaba	0.58208	0.85019	0.06573	11.29

**Tab : 24 Résultats du ruissellement dans les trois station (1994/2004).**

#### IV.6.3 Estimation de l'infiltration (I) :

D'après le bilan hydrologique l'infiltration efficace peut être calculer comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Alors :

$$I = P - R - ETR$$

Stations	Infiltration (mm)	Infiltration (%)
<b>Skikda</b>	216.76	29.60
<b>Guenitra</b>	231.46	34.03
<b>Azzaba</b>	206.27	35.43

**Tab : 25 Résultats de l'infiltration dans les trois station (1994/2004).**

Stations	Pr	ETR	% ETR	R	% R	I	% I
<b>Azzaba</b>	582.08	308.08	52.92	65.73	11.29	206.27	35.43
<b>Skikda</b>	732.35	384.67	52.52	130.92	17.87	216.76	29.60
<b>Guenitra</b>	680.14	343.81	50.54	104.87	15.41	231.46	34.03

**Tab: 26 Récapitulatif des résultats de ETR, R, I, dans les différentes station (1994/2004).**

En examinant les résultats (Tableau :26) on distingue que :

-De la lame d'eau précipitée d'environ 732.35 mm, à la station de **Skikda** presque la moitié est évapotranspirée (384.67 mm), pour le volume infiltré aboutissant aux nappes souterraines, il est de 216.76 mm (35.71 %), qui vari fortement avec la nature des terrains. Le ruissellement est moins important que l'infiltration 130.92 mm (11.76 %) qui est du à l'absence des pentes dans le terrain traversé ainsi que la nature du terrain.

-A la station de **Azzaba**, sur un total précipité de 582.08 mm, 308.08 mm (52.92 %) d'eau est évapotranspirée, l'eau infiltrée est plus importante que celle ruisselée avec 206.27 mm (35.43 %) et 65.73 mm (11.29 %) respectivement et cela en raison de la grande perméabilité du terrain de la région.

-A la station de **Guenitra**, sur la lame d'eau précipitée (680.14 mm), 50.54 % est évapotranspiré (343.81 mm), et en raison de l'absence des pentes une faible quantité de cette eau ruisselle qui est de 104.87 mm (12.95 %) et le reste de 231.46 mm (36.50 %) rejoint les eaux souterraines par infiltration à travers les formations perméable de la région.

**IV.7. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :**

Pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle on utilise la formule de Thornthwaite qui est liée simplement à l'action des facteurs climatiques et ne fait pas intervenir la nature du sol ou de la végétation :

$$ETP \text{ (mm/mois)} = 16 (10T/ I)^a \cdot k$$

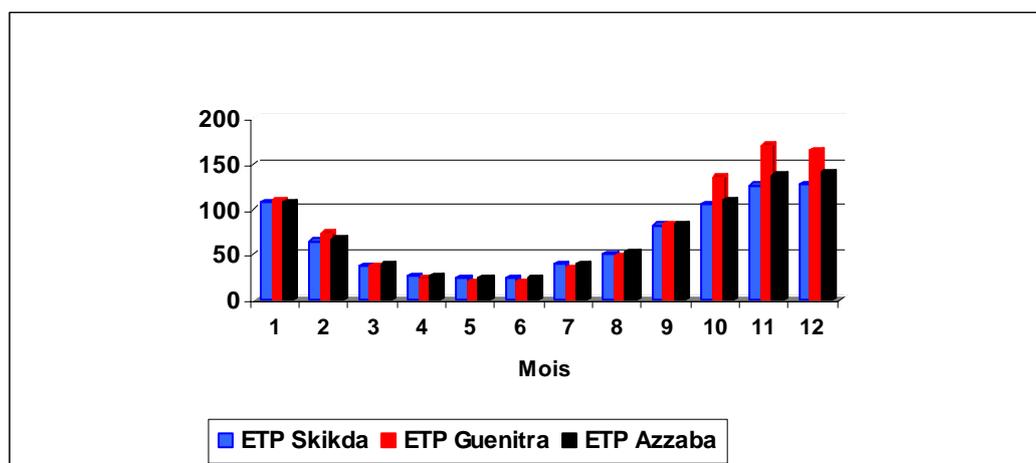
$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$I = \sum i \quad a = (1.6/100) I + 0.5$$

- **T** : température moyenne du mois considère en °C
- **ETP** : évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.
- **K** : coefficient de correction de l'altitude.
- **I** : indice thermique annuel.
- **i** : indice thermique mensuel.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Tot
A	107.19	66.94	38.01	26.21	23.83	24.11	39.55	52.59	83.79	110.15	137.34	140.48	850.19
S	108.33	64.33	37.09	25.36	24.39	23.86	38.77	49.63	81.89	105.82	126.64	127.93	814.04
G	110.5	73.89	37.04	23.05	18.99	19.50	35.25	47.69	83.87	135.75	171.09	165.45	922.07

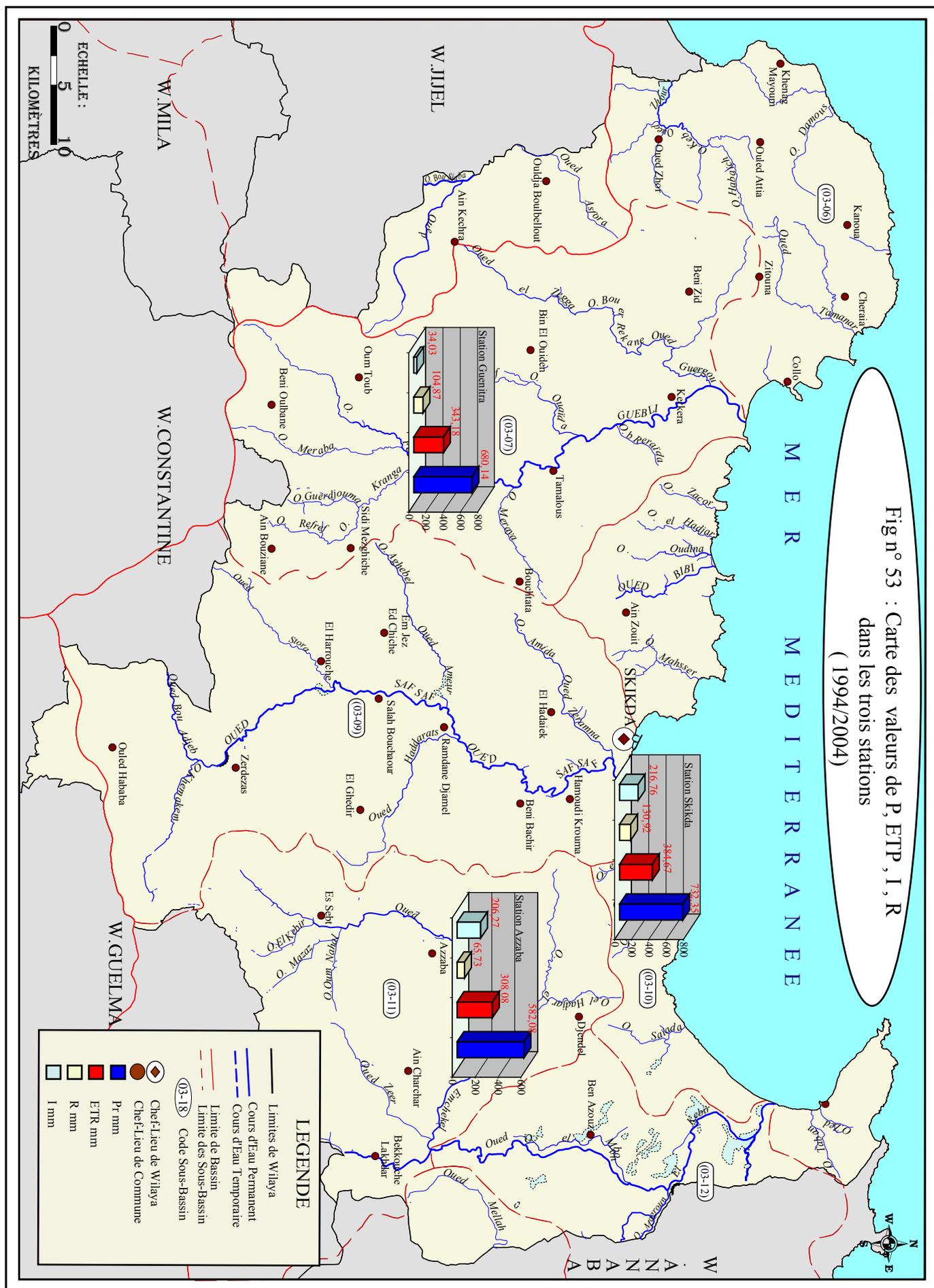
**Tab 27: Résultats de l'ETP par la formule de Thornthwaite (1994/2004).**



**Fig: 52 Variation de l'évapotranspiration potentielle dans les trois stations (1994/2004).**

En examinant les variations de l'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de Thorntwaite (1994/2004) dans les trois stations (Figure :49), on remarque que l'ETP est plus intense au niveau de la station de Guenitra surtout pendant la période sèche (ex : pendant les mois de juillet et août, il a atteint 171.09 mm, 165.45 mm respectivement) et diminue pendant la période humide.

L'évapotranspiration calculée est presque identique dans les stations de Skikda et Azzaba avec des valeurs rapprochées surtout pendant la période humide.



#### IV.8. Calcul du bilan hydrique de C Thornthwaite :

Les tableaux suivants résument le bilan hydrique de chaque station selon la méthode de C. Thornthwaite :

Mois	T°C	i	K	Pr	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc
Sep	23.92	10.69	1.03	56.41	110.5	-54.09	0	56.41	54.09	0
Oct	20.01	8.16	0.97	43	73.89	-30.89	0	43	30.89	0
Nov	14.96	5.25	0.86	81.34	37.04	44.3	44.3	37.04	0	0
Dec	11.83	3.68	0.81	116.04	23.05	92.99	100	23.05	0	37.29
Jan	10.5	3.07	0.87	119.71	18.99	100.72	100	18.99	0	100.72
Fev	10.71	3.17	0.85	78.59	19.50	59.09	100	19.50	0	59.09
Mar	13.19	4.34	1.03	55.97	35.25	20.72	100	35.25	0	20.72
Avr	14.99	5.27	1.1	66.2	47.69	18.51	100	47.69	0	18.51
Mai	19.05	7.57	1.21	41.56	83.87	-42.31	57.69	41.56	42.31	0
Jui	24.48	11.07	1.22	10	135.75	-125.75	0	10	125.75	0
Jul	27.38	13.12	1.24	1.49	171.09	-169.6	0	1.49	169.6	0
Aou	27.74	13.38	1.16	9.83	165.45	-155.62	0	9.83	155.62	0
Tot		8.77		680.14	922.07	-241.93		300.8	578.26	236.33

**Tab : 28 : Bilan hydrique de C W Thornthwaite  
de la station de Guenitra (1994/2004).**

- **T** : température mensuelle en C<sup>0</sup>
- **i** : indice thermique
- **k** : coefficient de latitude
- **ETP** : évapotranspiration potentielle en (mm)
- **BH**: Bilan Hydrique
- **Pr** : précipitation mensuelle en (mm)
- **RFU** : réserve facilement utilisable en (mm)
- **ETR** : évapotranspiration réelle en (mm)
- **Def** : déficit agricole en (mm)
- **EXC** : excédent en (mm)

mois	T <sup>0</sup> C	i	K	Pr	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc
S	18.48	7.49	1.05	55.24	108.33	-53.09	0	55.24	53.09	0
O	17.78	7.06	0.91	68.8	64.33	4.47	4.47	64.33	0	0
N	14.30	5.05	0.75	82.08	37.09	44.99	49.46	37.09	0	0
D	11.83	3.77	0.70	149.23	25.36	123.87	100	25.36	0	73.33
J	11.26	3.49	0.73	117.23	24.39	92.84	100	24.39	0	92.84
F	10.67	3.21	0.78	89.09	23.86	65.23	100	23.86	0	65.23
M	12.18	3.94	1.02	44.93	38.77	6.16	100	38.77	0	6.16
A	13.16	4.44	1.15	59.75	49.63	10.12	100	49.63	0	10.12
M	16.42	6.25	1.32	31.18	81.89	-50.71	49.29	31.18	50.71	0
J	19.11	7.89	1.33	23.92	105.82	-81.9	18.1	23.92	81.9	0
J	21.11	9.20	1.35	3.61	126.64	-123.03	0	3.61	123.03	0
A	22.39	10.07	1.24	7.29	127.93	-120.64	0	7.29	120.64	0
<b>Total</b>		71.86		732.35	814.04	-81.69		384.67	429.37	247.68

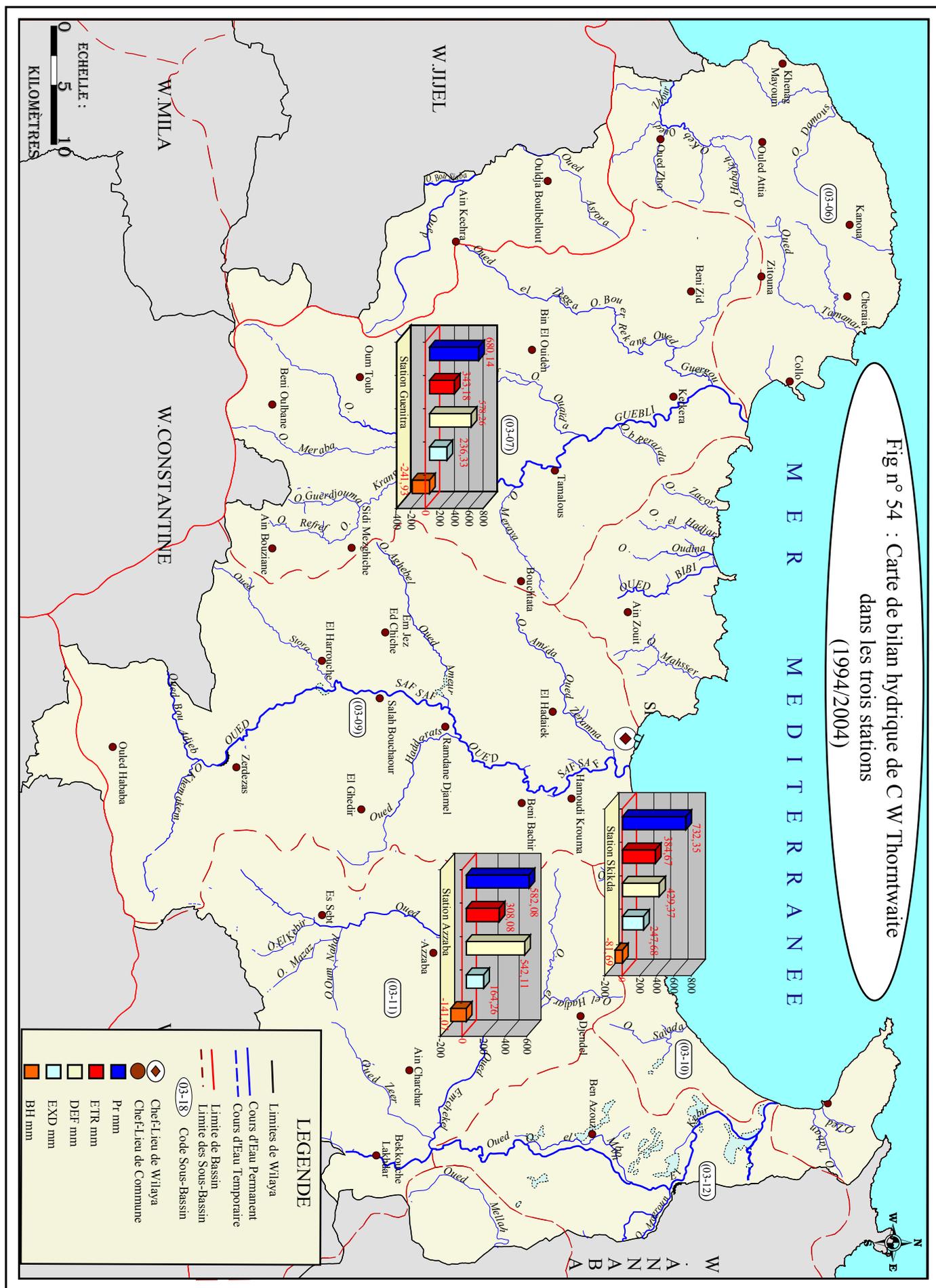
**Tab : 29 : Bilan hydrique de C W Thornthwaite  
de la station de Skikda (1998/2004).**

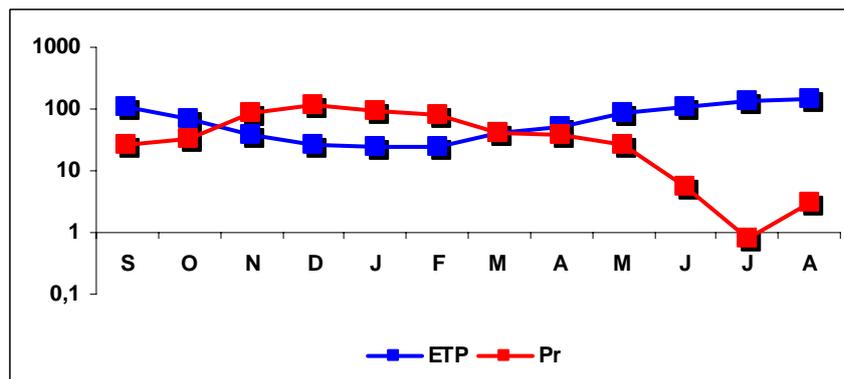
Mois	T <sup>0</sup> C	i	K	Pr	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc.
Sep	24.04	10.77	1.05	25.67	107.19	-81.52	0	25.67	81.52	0
Oct	20.52	8.48	0.91	32.17	66.94	-34.77	0	32.17	34.77	0
Nov	17.14	6.45	0.75	87.2	38.01	49.19	49.19	38.01	00	0
Dec	14.81	5.17	0.70	116.44	26.21	90.23	100	26.21	00	39.42
Jan	13.86	4.68	0.73	92.28	23.83	68.45	100	23.83	00	68.45
Fev	13.50	4.50	0.78	78.39	24.11	54.28	100	24.11	00	54.28
Mar	15.06	5.31	1.02	41.66	39.55	2.11	100	39.55	00	2.11
Avr	16.31	5.99	1.15	36.89	52.59	-15.7	84.3	36.89	15.7	0
Mai	19.11	7.61	1.32	25.85	83.79	-57.94	26.36	25.85	57.94	0
Jui	21.73	9.25	1.33	5.7	110.15	-104.45	0	31.96	78.19	0
Jul	24	10.75	1.35	0.78	137.34	-136.56	0	0.78	136.56	0
Aou	25.28	1.63	1.24	3.05	140.48	-137.43	0	3.05	137.43	0
<b>Total</b>		98.20		582.08	850.19	-141.07		308.08	542.11	164.26

**Tab : 30 Bilan hydrique de C.W.Thorntwaite de la station de Azzaba (1994/2004).**

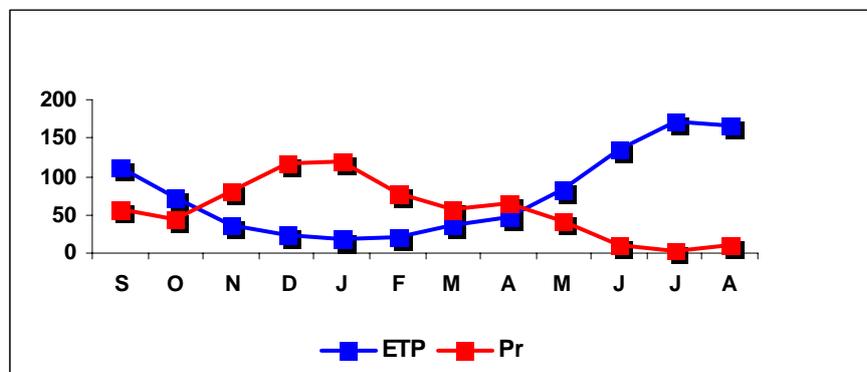
Station	T moy ( <sup>0</sup> C)	Σ ETP (mm)	Σ ETR (mm)	Σ Pr (mm)	Σ Def (mm)	Σ Exd (mm)	BH (mm)
<b>Azzaba</b>	18.78	850.19	308.08	582.08	542.11	164.26	-141.07
<b>Skikda</b>	18.90	814.04	384.67	732.35	429.37	247.68	-81.69
<b>Guenitra</b>	18.12	922.07	343.81	680.14	578.26	236.33	-241.93

**Tab : 31 Récapitulatif du bilan hydrique de Thorntwaite dans les trois station (1994/2004).**

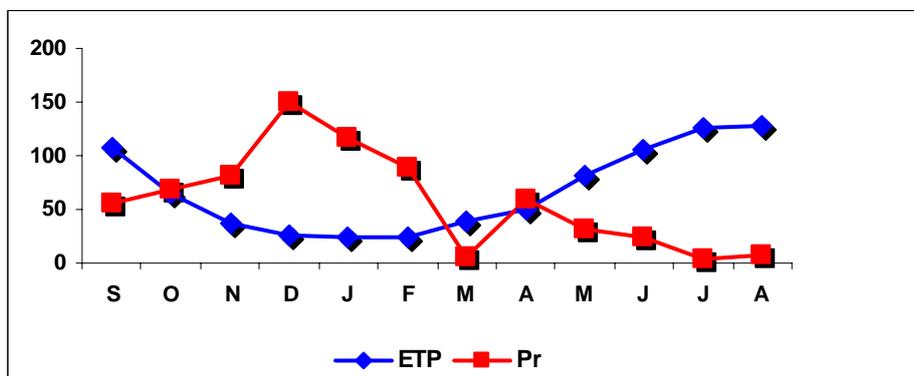




**Fig : 55** Variation mensuelle de la lame d'eau précipitée et l'ETP (mm)  
Station de Azzaba (1994/2004).



**Fig : 56** Variation mensuelle des précipitations et de l'ETP (mm)  
Station de Skikda (1994/2004).



**Fig : 57** Variation mensuelle des précipitations et de l'ETP (mm)  
Station de Guenitra (1994/2004).

Les figures (54, 55, 56) ci-dessous illustrent les résultats des tab :28, 29, 30 sur le bilan de Thornthwaite, qui nous permettent une lecture simple des différents éléments du bilan.

Pour la station de **Guenitra** : le déficit agricole se remarque à partir du mois de mai et se poursuit jusqu'à octobre, période pendant laquelle la RFU est épuisée. Pendant le mois de novembre le stock se reconstitue ou la RFU atteint son maximum (100 mm) au mois de décembre puis demeure jusqu'à avril ensuite diminue jusqu'à l'épuisement total (juin) (Figure : ).

L'écoulement (excédent) commence au mois de décembre et se termine en mois d'avril avec un maximum au mois de janvier et un minimum vers la fin de la période d'écoulement (mars).

Pour la station de **Skikda** : le déficit agricole commence à partir du mois de mai et se poursuit jusqu'à septembre période, pendant laquelle la RFU est épuisée. Octobre, période de reconstitution du stock ou la RFU atteint son maximum (100 mm) au mois de décembre puis diminue au mois de mai jusqu'à l'épuisement total (juillet).

L'écoulement débute au mois de décembre et se termine en avril avec un maximum en janvier et un minimum au mois de mars (Figure :).

Pour la station de **Azzaba** : le déficit agricole commence à partir du mois d'avril et se poursuit jusqu'à octobre, période pendant laquelle la réserve facilement utilisable est épuisée. Pendant le mois de novembre le stock se reconstitue atteignant un maximum au mois de décembre (100 mm) puis diminue en avril jusqu'à l'épuisement total en juin.

L'écoulement commence au mois de décembre et se termine en mois de mars avec un maximum d'écoulement en janvier et un minimum en mois de mars (figure :).

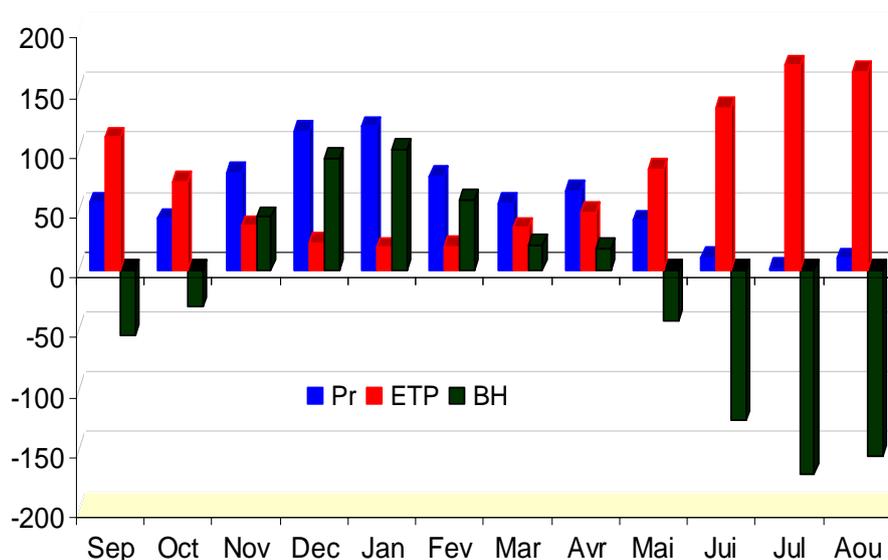


Fig : 58 Variation de l'ETP de Thornthwaite en fonction des précipitations (mm)

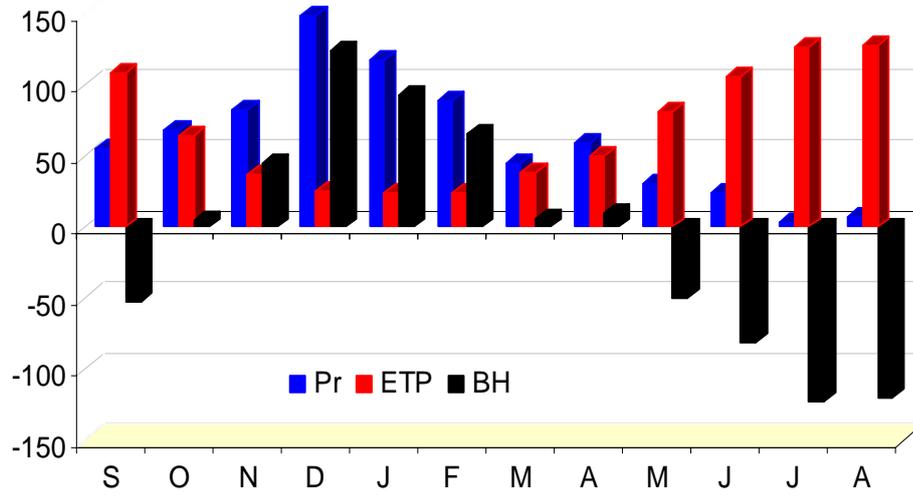


Fig : 59 Variation de l'ETP de Thornthwaite en fonction des précipitations (mm)

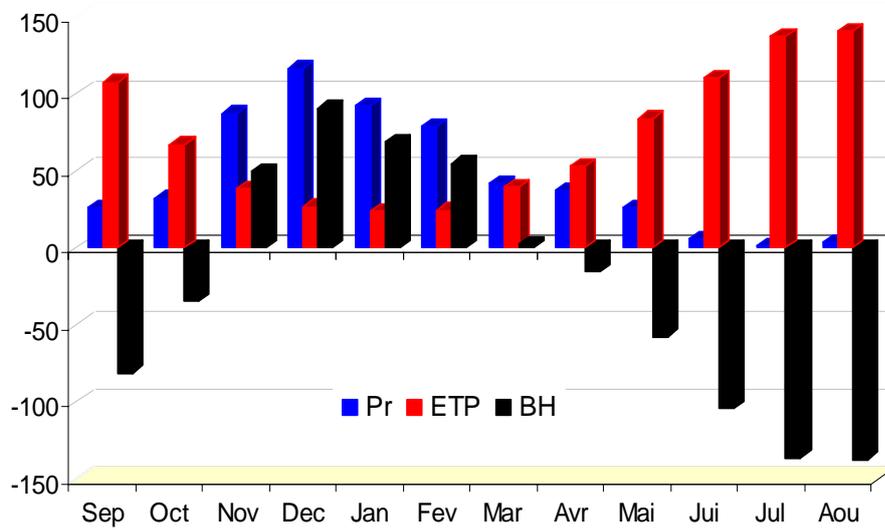
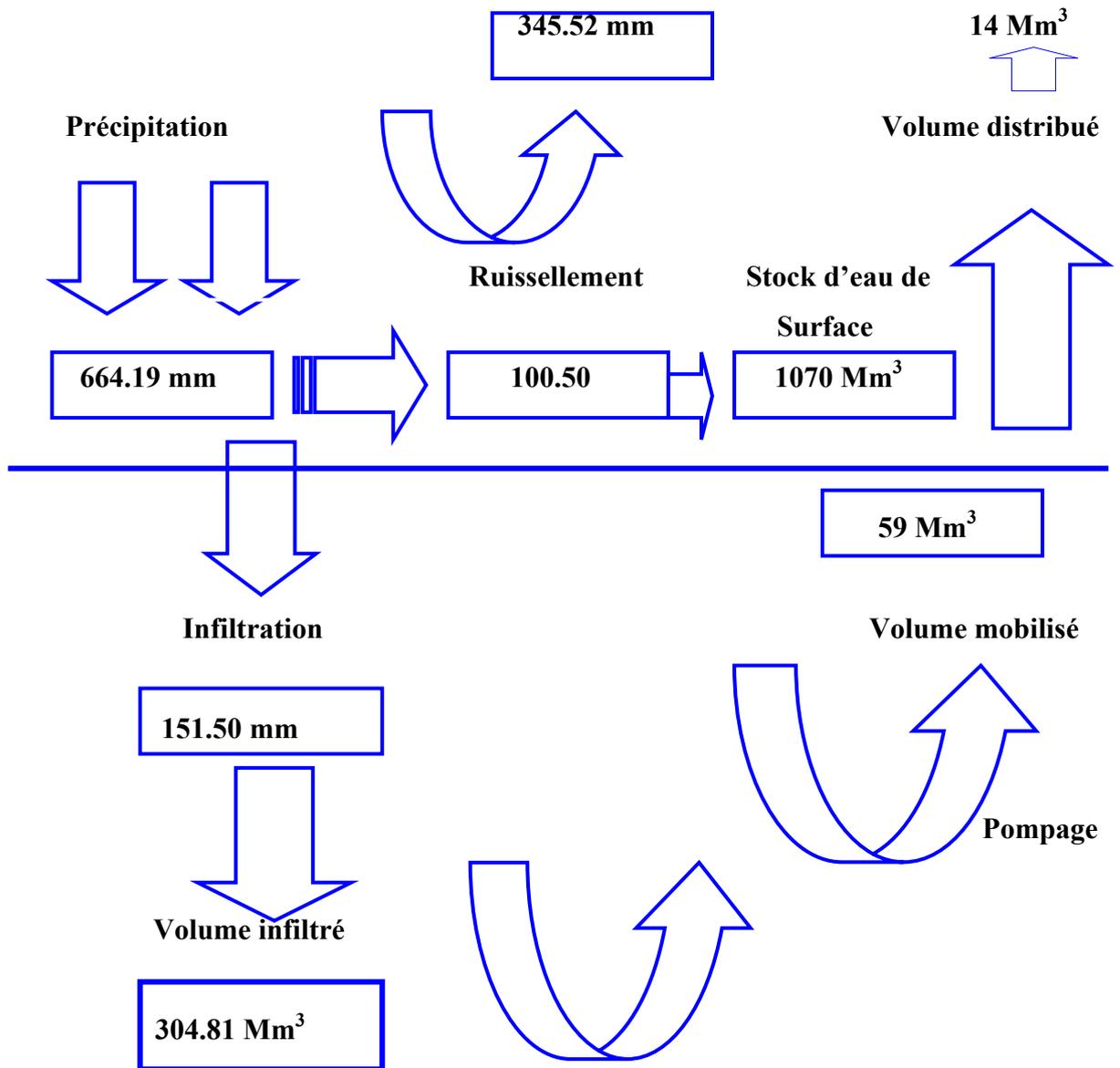


Fig : 60 Variation de l'ETP de Thornthwaite en fonction des précipitations (mm)

**Evapotranspiration**



**Fig : 61 Cycle et capital d'eau moyen de la région de Skikda**

## Conclusion

Le climat de la région d'étude est du type méditerranéen humide caractérisé par deux saisons distinctes l'une froide et humide et l'autre chaude et sèche.

La pluviométrie est irrégulière, elle est d'une moyenne de 700 mm sur les plaines et peut atteindre 1200 mm sur les zones montagneuses.

La période étudiée (10 ans) dans cette région est caractérisée par :

- La station de **Skikda** a enregistré une pluviométrie de 732.35 mm/an avec un taux d'infiltration et de ruissellement de 29.60 % et 17.87 % respectivement.

L'année la plus sèche est (2000/2001) d'une pluviométrie de 493.7 mm/an.

L'année la plus arrosée est (2003/2004) avec une pluviométrie de 907 mm/an.

- La station de **Guenitra** a enregistré une pluviométrie de 680.14 mm/an avec un taux d'infiltration de 34.03 % et un taux de ruissellement de 15.41%.

L'année la plus sèche est (200/2001) de 492 mm/an.

L'année la plus arrosée (2003/2004) de 967.7 mm/an.

- La station de **Azzaba** a enregistré une moyenne de 582.08 mm/an, le taux d'infiltration et de ruissellement sont de l'ordre de 35.43 % et 11.29 % respectivement.

L'année la plus arrosée est 97/98 d'une pluviométrie de 911.28 mm/an l'année la plus sèche est 96/97 d'une pluviométrie de 294.24 mm/an.

Une évapotranspiration réelle moyenne de 322.17 mm.

Dans toute la région d'étude la précipitation moyenne est de 664.19 mm, le ruissellement moyen est de 100.50 mm, l'évapotranspiration moyenne est de 345.52 mm et une infiltration de 151.50 mm.

La réserve facilement utilisable atteint son maximum à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'Avril ou l'épuisement du stock commence.

Le bilan hydrique de C W Thornthwaite a décelé un déficit agricole qui débute du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre.

# *Evaluation du potentiel hydrique*

## **VI.Evaluation approximative du potentiel hydrique de la wilaya de Skikda**

### **Introduction**

Le potentiel hydrique souterrain est le volume d'eau stocké, au cours d'une durée moyenne et dans une tranche d'aquifère délimitée, il résulte de la capacité de stockage de l'aquifère exprimée en terme de volume (en Mm<sup>3</sup>).

Pour avoir une idée sur les ressources en eaux souterraines et superficielles de la région de Skikda, il faut quantifier tous les apports hydriques superficiels (barrages, retenues collinaires, oueds) et souterrains (nappes superficielles et profondes) dans le but d'une meilleure gestion.

### **VI.1 Calcul du Potentiel Hydrique Superficiel :**

La ressource hydrique superficielle comprend toutes les eaux des oueds, barrages, et retenues collinaires qui sont dans la majorité du temps destinées à l'irrigation sauf pour les barrages qui sont après traitement destinées pour l'approvisionnement en eau potable des agglomérations.

#### **VI.1.1. Les oueds :**

La zone d'étude compte un réseau hydrographique dense, alimenté principalement par les eaux de pluies, d'Est en Ouest on trouve :

- L'oued Kebir Ouest qui draine les bassins de Azzaba, Essebt et la plaine de Guerbez.
- L'oued Safsaf qui draine la plaine de Zeramna, El Harrouch, R Djamel...
- L'oued Guebli qui draine les plaines de Tamalous et Collo.

Et des oueds secondaires tels que

- L'oued Bibi au Nord de la région d'étude entre le cap Bougaroun et côtier Flifla.
- L'oued Zhour au Nord Est dans le côtier cap Bougaroun.
- L'oued Ghira dans le côtier de Flifla au Nord ouest de la zone d'étude.

Oueds par Bassin versant	Superficie drainée (km <sup>2</sup> )	Apport (Mm <sup>3</sup> /an)	Volume mobilisé par les barrages (Mm <sup>3</sup> )
Cap Bougaroun	479	477	-
Oued Guebli	988	49	117.82+39.39
Oued Bibi	203	75	-
Oued Safsaf	1165	150	18.11
Flifla	134	37	-
Oued Kebir ouest	1169	282	116.59
<b>Total</b>	<b>4139</b>	<b>1070</b>	<b>292</b>

Source : ANRH de Constantine, DHW de Skikda 2002

Tab: 32 Apports annuels moyens des Oueds dans la wilaya de Skikda.

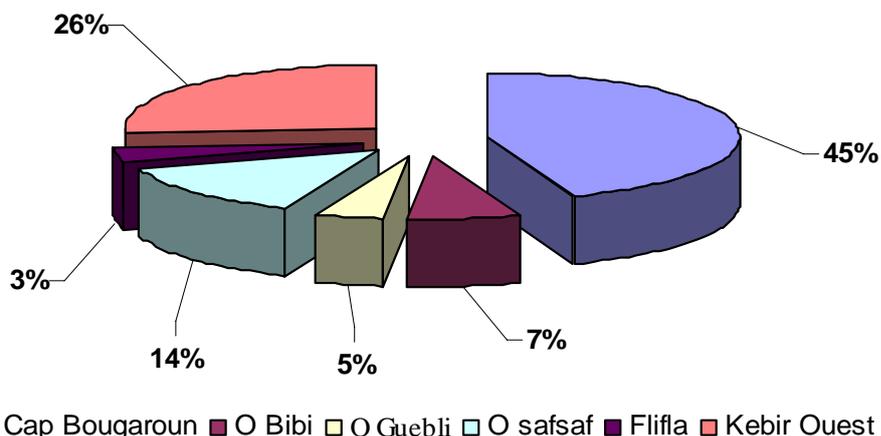


Fig : 62 - Apport annuel moyen des oueds de la région de Skikda 2002.

En examinant la figure ci-dessus (59) on remarque que le Cap Bougaroun (oued Zhou) fourni le plus grand apport en eau de surface de la région avec (45 %), suivi du Kebir Ouest avec 26 %, vient ensuite le Safsaf avec 14 % d'eau de surface, suivi de l'oued Bibi, le Guebli et Flifla avec respectivement 7 %, 5 % et 3 %.

D'après les résultats du tableau, les ressources en eau superficielle, des différents bassins versant de la région d'étude sont surtout constituées par l'écoulement des oueds, qui forme un volume approximatif de 1070 Mm<sup>3</sup> soit 96.33 % du total, mais restent très peu exploitées, puisque sur le volume total estimé à 1070 Mm<sup>3</sup>, seul un volume de 292 Mm<sup>3</sup> peut être emmagasiné (mobilisé) dans les quatre barrages de la wilaya, plus un volume de 1.47 Mm<sup>3</sup> dans les 12 retenues collinaires, et le reste des écoulements va directement rejoindre la mer.

### VI.1.2 Les barrages :

La wilaya de Skikda compte quatre grands barrages en exploitation d'une capacité totale (initiale) de  $317 \text{ Mm}^3$  destiné à l'alimentation en eau potable des différentes communes de la wilaya, l'irrigation et l'industrie. (Figure :).

L'apport annuel total en  $\text{Mm}^3$  pour l'année 2005 dans les barrages est de l'ordre de  $292 \text{ Mm}^3$ , à titre indicatif, il était de  $204.65 \text{ Mm}^3$  durant l'année précédente (2004). (Tab : 33)

Actuellement, après la mise en service de ces ouvrages (barrages), leurs capacité a diminué d'environ 25 % cause de l'envasement, les capacités initiales des quatre barrages et leurs réserves à la cote normale actuellement sont reportées sur le (Tableau :33), l'excès de l'apport est déversé volontairement (évacuation vers la mer).

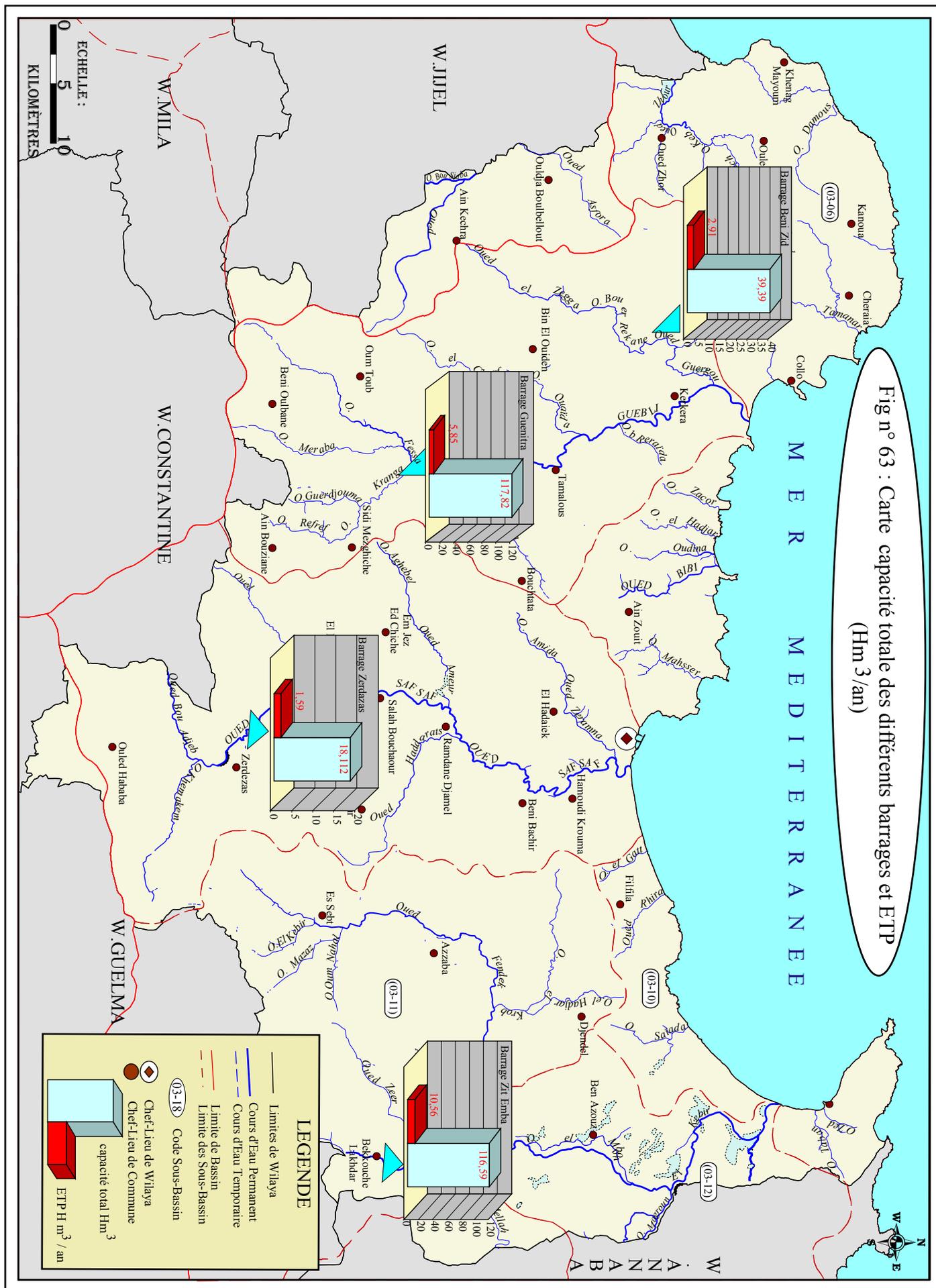
Ajoutant à cela, les fuites déclarées pour l'année 2005 au niveau des réseaux de distribution qui s'élèvent à un total approximatif de  $2 \text{ Mm}^3$  au niveau des deux barrages, Zit Emba et Zerdazas.

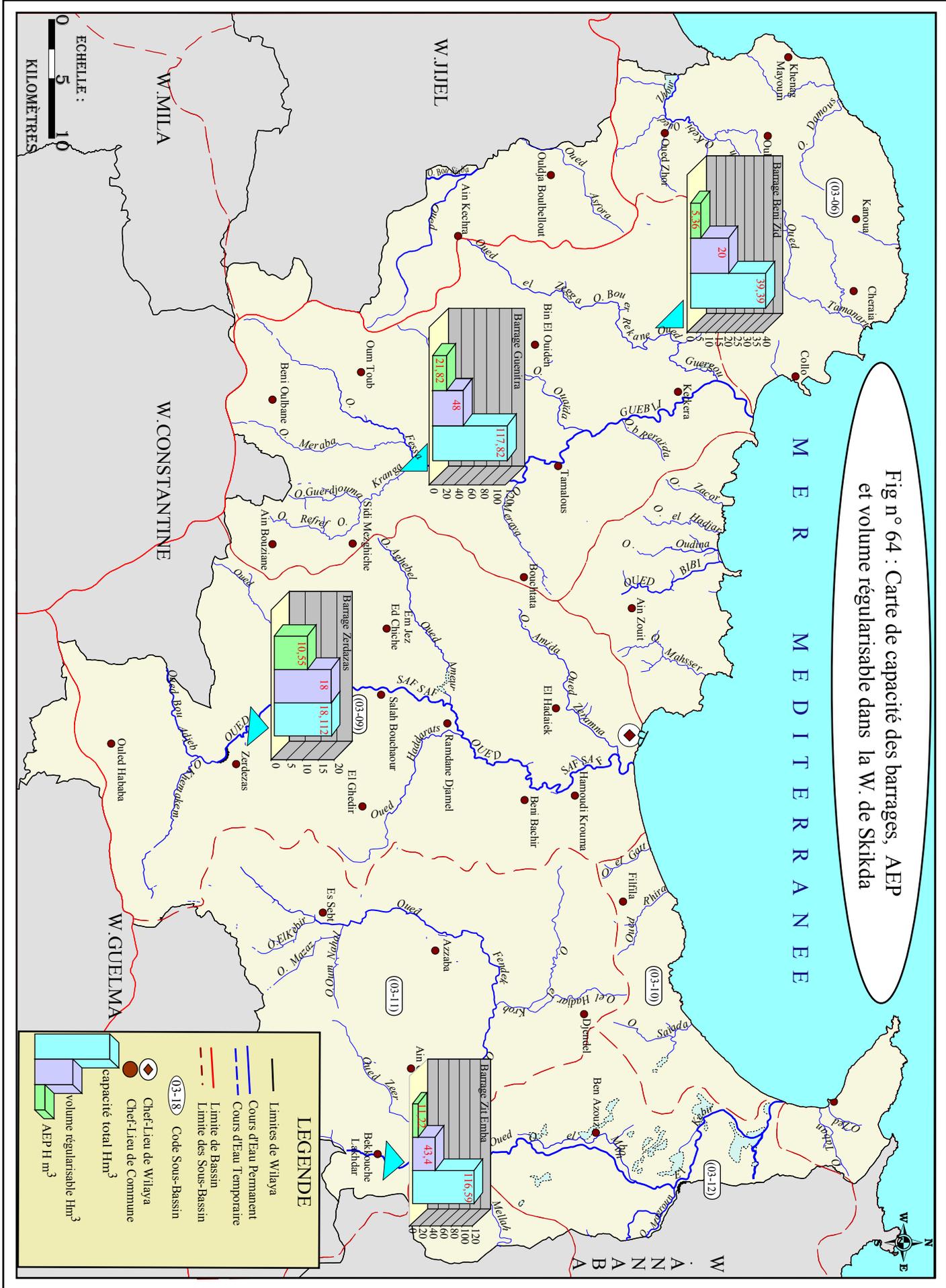
L'évaporation estimée dans les quatre barrages durant la même année (2005) est de l'ordre de  $21 \text{ Mm}^3$  ce qui fait, plus de 7 % de l'apport annuel global ( $292 \text{ Mm}^3$ ).

L'apport total (fictif) pour 2005 est de  $441 \text{ Mm}^3$ , mais avec des capacités inférieurs des quatre barrages, ils n'ont pu contenir que près de  $292 \text{ Mm}^3$  avec un volume régularisable total de  $129.4 \text{ Mm}^3$ , le déversement de  $150 \text{ Mm}^3$  s'effectue pour prévenir les problèmes des surplus de ces ouvrages (inondations).

Le système hydraulique régional interconnecté est en effet, la solution pour le problème de surplus des barrages situés dans des régions les mieux arrosées du pays.

En effet, le déploiement successif de conduites de transfert et d'adduction qui vont être acheminer vers des régions où les besoins des centres urbains et les vastes terres irrigables ne peuvent être satisfaits par des ressources locales (A.Mebarki, 2006).





Barrage	Capacité initiale Mm <sup>3</sup>	Apports fictifs Mm <sup>3</sup>	AEP Mm <sup>3</sup>	Volume régularisable
Zerdazas	32	94	10.55	18
Guenitra	125	89	21.82	48
BeniZid	40	68	5.36	20
ZitEmba	120	190	11.22	43.4

Source : ANRH de Constantine, DHW de Skikda

Tab : 33 Différents barrages de la région de Skikda et leurs apports annuels moyens en Mm<sup>3</sup> (2005).

Barrages	P moy (mm)	Capacité actuelle (Mm <sup>3</sup> /an)	ETP (Mm <sup>3</sup> /an)	Fuites (Mm <sup>3</sup> /an)
Zerdazas	938.30	18.112	1.59	1.46
Guenitra	880.90	117.82	5.85	néant
Beni Zid	1439.60	39.39	2.91	néant
Zit Emba	887.50	116.59	10.56	0.36
<b>Total</b>		291.91	20.91	1.82

Source : DHW de Skikda.

Tab : 34 les capacités et les pertes (Mm<sup>3</sup>/an) dans les quatre barrages (2005).

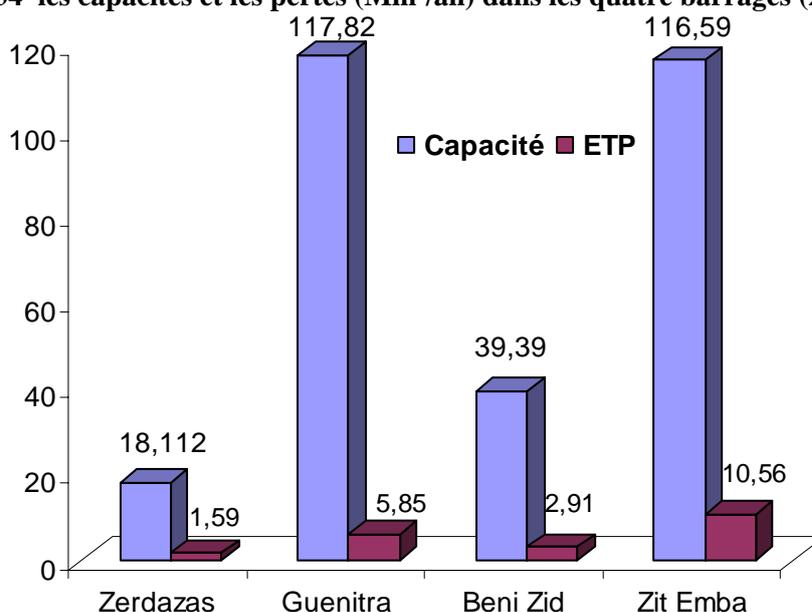
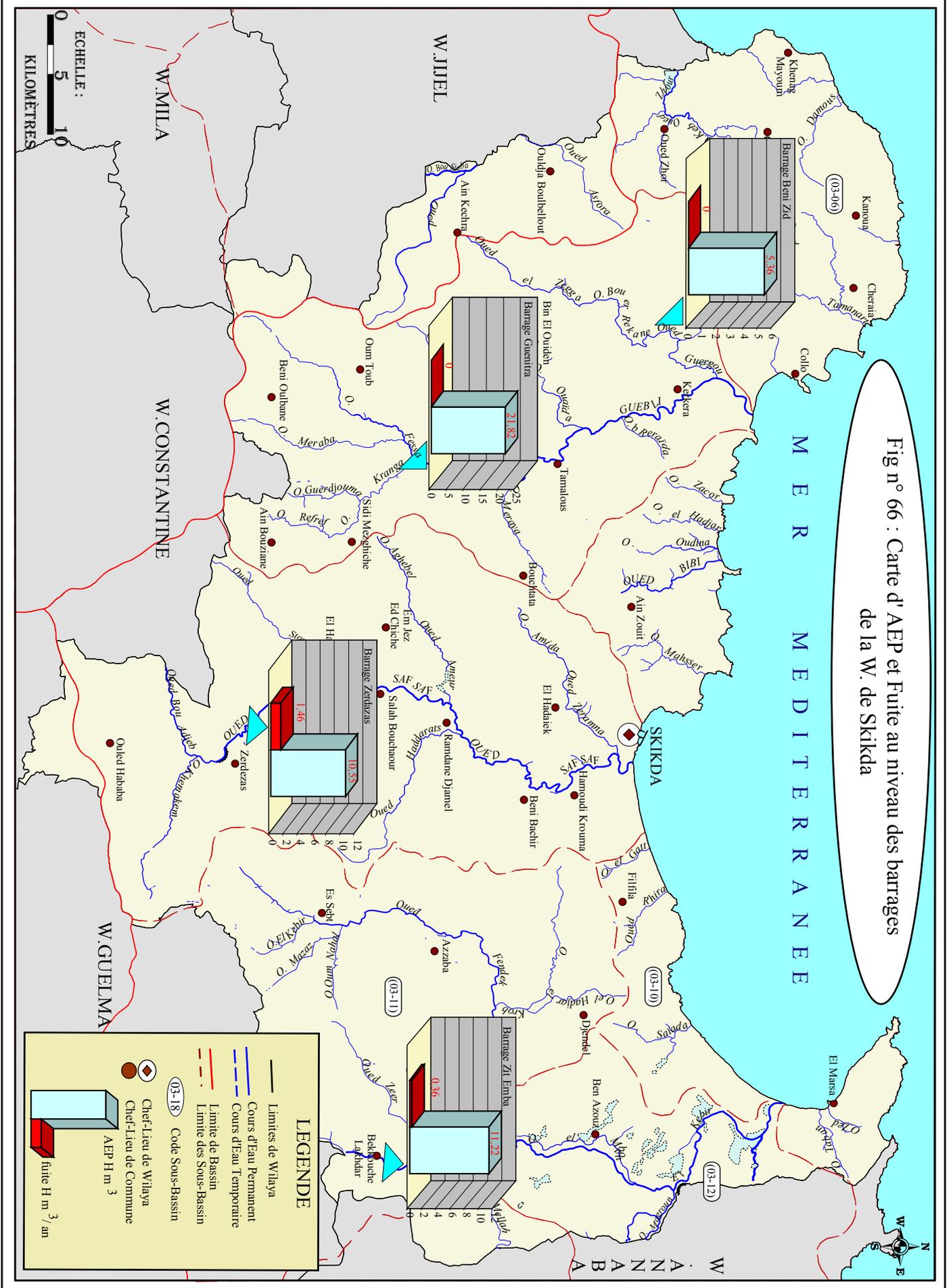


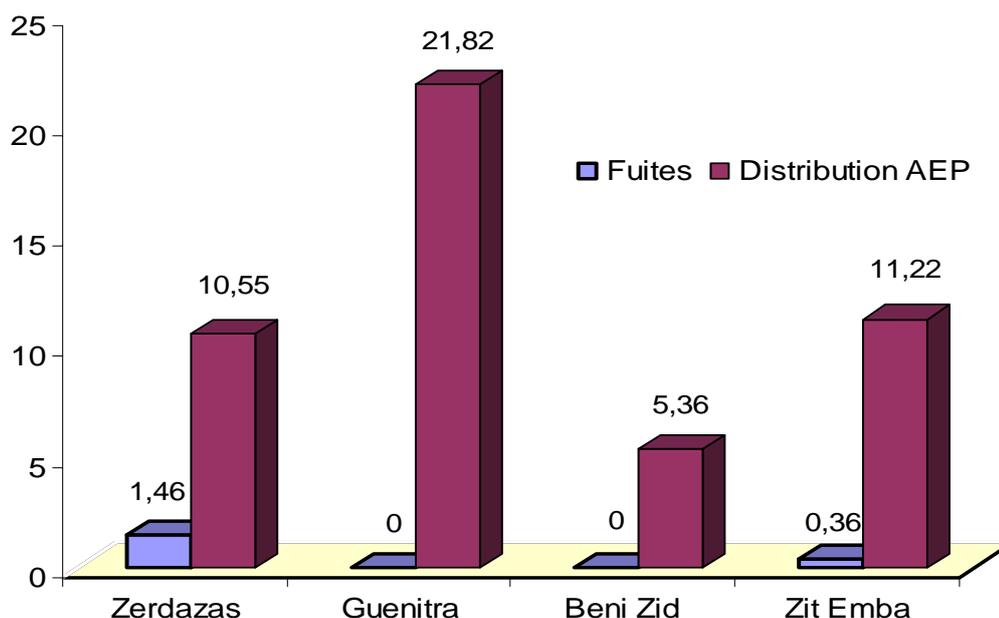
Fig : 65 Capacités moyennes et ETP (Mm<sup>3</sup>/an) au niveau des barrages de la région de Skikda (2005).



En examinant le graphique ci-dessus, on remarque que les apports fournis par les deux barrages Guenitra et Zit Emba, sont plus importants avec 41 et 40 % respectivement du stock global ( $292 \text{ Mm}^3$ ).

Concernant le barrage de Zerdazas, les pertes causées par les fuites au niveau des réseaux de distribution sont considérables  $1.50 \text{ Mm}^3$  pour l'année 2005, en plus de l'évaporation qui s'élevé à presque  $1.59 \text{ Mm}^3$  pour la même année. (Tab :34).

Au niveau du barrage de Zit Emba, l'évaporation est plus intense que sur les autres barrages qui est de l'ordre de  $10.56 \text{ Mm}^3$  pour l'année 2005, en raison de sa grande superficie (plus exposé aux rigueurs du climat). Les fuites au niveau du réseau de distribution sont de l'ordre de  $0.36 \text{ Mm}^3$  (Fig :).



**Fig : 67 Volume distribué pour l'AEP et volume perdu ( $\text{Mm}^3/\text{an}$ ) dans les quatre barrages (2005).**

D'une façon globale, les pertes causées par les fuites et l'évaporation au niveau des quatre barrages s'élèvent à presque  $22.73 \text{ Mm}^3$ , ajoutant à cela l'évacuation de  $150 \text{ Mm}^3$  ce qui fait un total perdu de  $172.73 \text{ Mm}^3$ .(Tab : 34).

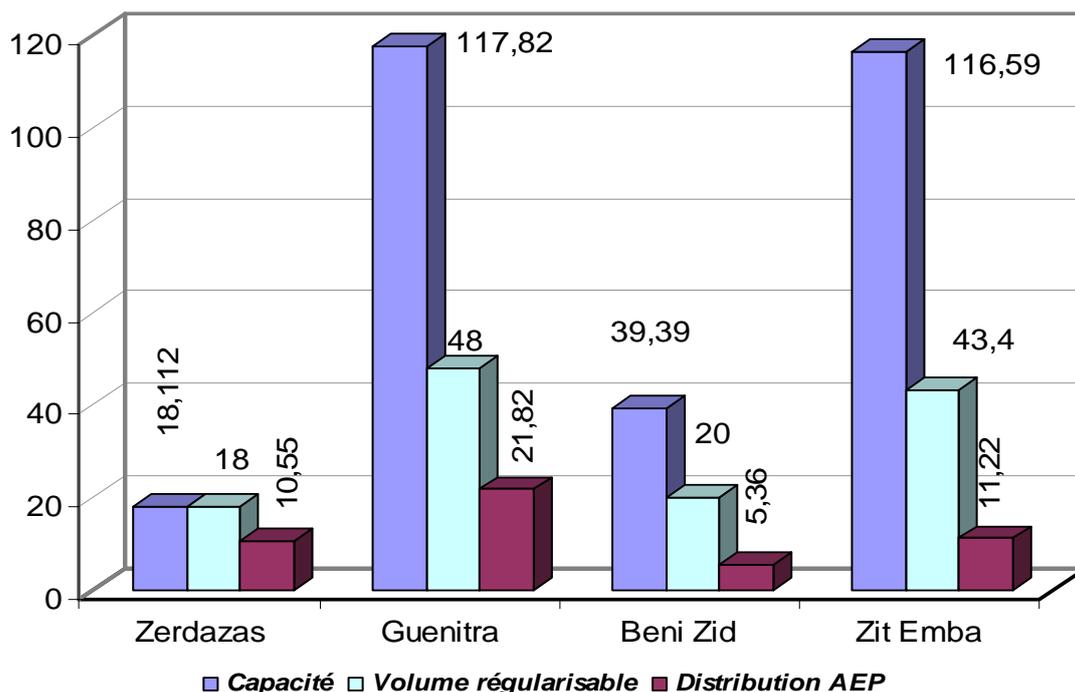


Fig : 68 -La capacité des barrages et le volume distribué pour l'AEP (Mm<sup>3</sup>/an).

### VI.1.3 Les retenues collinaires :

Les retenues collinaires de la wilaya de Skikda son essentiellement destinées à l'irrigation des moyens et petits périmètres et l'abreuvement du cheptel, elles sont au nombre de 32 depuis les années 80 mobilisant un volume d'eau approximatif de 4.4 Mm<sup>3</sup> par an d'eau de surface.

Vers la fin des années 90, un grand nombre (24) est resté en bon état avec des capacités qui peuvent atteindre 400000 m<sup>3</sup>/an donnant un volume approximatif de 2 Mm<sup>3</sup>/an, tandis que d'autres sont en moyen ou en mauvais état

Actuellement (2006) sur l'ensemble de 24 retenues, il ne reste que 12 en service (bon état de la digue) qui fournissent près de 1.47 Mm<sup>3</sup>/an.

Ainsi, avec la détérioration d'une vingtaine de retenues, on assiste à une réduction considérable de l'apport en eau de surface de plus que la moitié.

Des études sont en projet pour l'inventaire des sites potentiels pour les retenues collinaires, réhabilitation de 8 retenues collinaires ainsi que la réalisation de 3 autres à court terme.

<b>Bassins versant</b>	<b>Nombre de RC</b>	<b>Capacité totale Mm<sup>3</sup></b>
<b>Oued Safsaf</b>	19	2
<b>Oued Kebir Ouest</b>	13	2.4
<b>Total</b>	32	4.4
<b>R C en service</b>	<b>12</b>	<b>1.47</b>

**Tab : 35 les différentes retenues collinaires dans la wilaya de Skikda et leurs capacités totales en Mm<sup>3</sup>.**

#### **VI.1.4. le dessalement de l'eau de mer :**

La seule station de dessalement de l'eau de mer qui existe à l'Est algérien est celle de la wilaya de Skikda (Ben M'hidi) d'une capacité de production de 10.000 m<sup>3</sup>/j (3.65 Mm<sup>3</sup>/an) réalisée par trois partenaires : espagnol, ADE, Sonatrach et gérée par l'ADE de la wilaya de Annaba.

Actuellement (2006), elle produit une moyenne de 3000 à 3500 m<sup>3</sup>/j assurant les besoins en eau potable de Ben M'hidi et Oued K'sob (1.27 Mm<sup>3</sup>/an).

Une deuxième station de dessalement est en projet d'une capacité de production de 100.000 m<sup>3</sup>/j (36.5 Mm<sup>3</sup>/an), assurant les besoins totaux de Skikda qui sont de 70.000 m<sup>3</sup>/j, et l'excédent d'eau sera destinée pour l'irrigation a long terme).

Une troisième station en projet à Flifla d'une capacité de production de 50000 m<sup>3</sup>/j (18.25 Mm<sup>3</sup>/an) qui assurera les besoins de la région de Fljfla.

Dans les années à venir, avec la réalisation des deux stations de dessalement, le volume d'eau produit sera de presque 58.4 Mm<sup>3</sup>/an, satisfaisant ainsi tout les besoins en eau de la wilaya.

#### **VI.2 Calcul du potentiel hydrique souterrain :**

La connaissance d'un aquifère exploitable et de son potentiel passe par l'étude de tous ses paramètres (transfert de masse, transmissivité, fonction capacitive, perméabilité...).

Si les volumes extraits sont relativement bien connus, les flux transitant par les aquifères sont cependant beaucoup plus difficiles à estimer car la répartition entre l'infiltration efficace et les flux ruisselés n'est pas connue avec une précision suffisante, ainsi, l'évolution de la ressource reste par conséquent très incertaine suivant, d'une part l'évolution du climat, et d'autre part la manière de mener l'exploitation.

Les réserves souterraines de la wilaya de Skikda proviennent essentiellement des différents ouvrages de captage localisés dans les plaines captant principalement des terrains sédimentaire formés d'alluvions ou terrains métamorphiques, les sources sont de moindre importance vu leurs débits d'exploitation.

Les bassins versants de la région d'étude sont constitués par des terrains anciens, massifs calcaires, terrains numidien et enfin le Quaternaire (alluvions) qui représente le réservoir important dans la région.

- Les terrains anciens formés de roches métamorphiques (Collo), de faible perméabilité qui n'alimente que de petites sources à faibles débits.
- Les massifs calcaires, constitués de calcaires du Crétacé et des grès (massif de Flifla), mais leur faible extension limite leurs capacités.
- Le Quaternaire constitué d'alluvions, sables et graviers, représente la seule formation aquifère importante de la région.

### **VI.2.1 Forages :**

La majorité du potentiel hydrique souterrain est extraite par pompage à partir d'une batterie de forages implantée surtout dans les alluvions des grandes plaines (plaine de Zeramna, Skikda, Tamalous, Collo, Azzaba).

Au mois de décembre 2005, on a dénombré près de 279 forages (bon et mauvais état), repartis sur toute la surface de la zone d'étude, dont la répartition suivant les secteurs e suivants :(Fig : 66)

- L'alimentation en eau potable (225 forages).
- L'alimentation en eau pour l'industrie (32 forages).
- Pour l'irrigation (22 forages).





Actuellement (2006), il ne reste que 127 forages déclarés (72 en service), dont 72 sont destinés à l'AEP, 16 pour l'AEI, 20 pour l'AEA et le reste (177) sont abandonnés ou à l'arrêt. (Figure 67).

Les 127 forages en service mobilisent un volume total de 59 Mm<sup>3</sup>/an, dont 14 Mm<sup>3</sup> sont distribués pour l'approvisionnement en eau potable (AEP) des diverses communes de la wilaya, gérés par l'APC ou l'ADE.

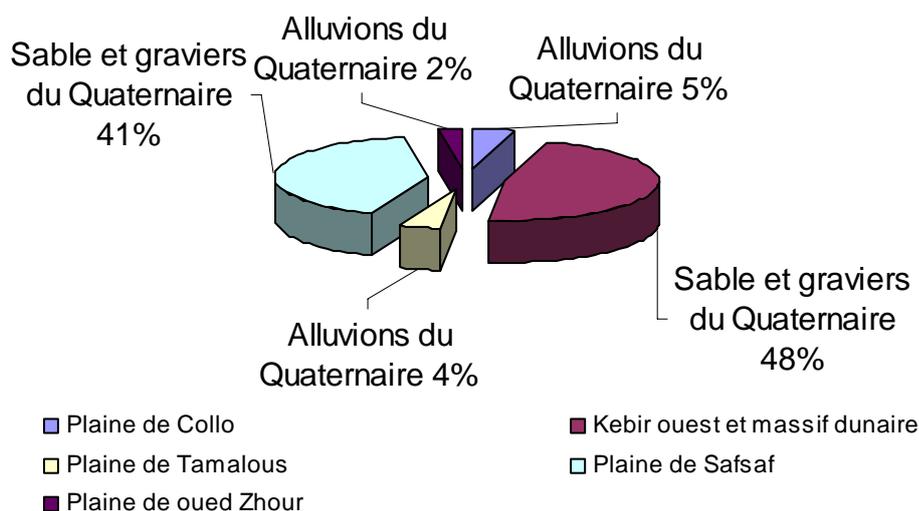
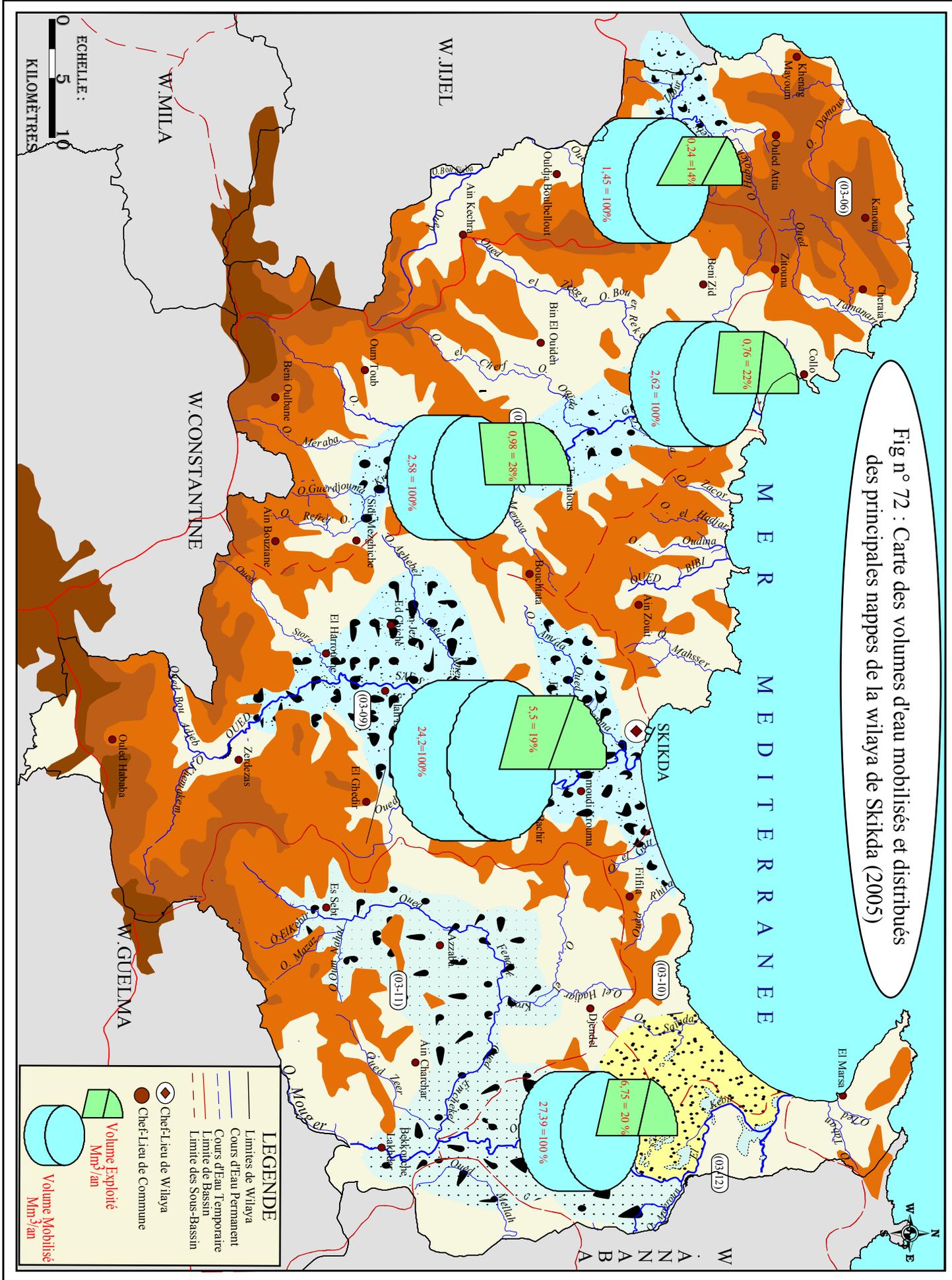


Fig : 71 les différentes nappes de la région par types de formation (%).

Les nappes par bassin versant	Nombre de forages	Volume mobilisé (Mm <sup>3</sup> /an)	Volume exploité (Mm <sup>3</sup> /an)
Nappes de Safsaf et de Zeramna	53	24.12	5.50
Les nappes du K .O et massif dunaire de Guerbez	56	27.39	6.75
La nappe de la Plaine de Tamalous	9	2.58	0.98
La nappe de la Plaine de Zhour	2	1.45	0.24
La nappe de la Plaine de Collo	7	2.62	0.76
<b>Total</b>	<b>127</b>	<b>59</b>	<b>14.14</b>

Source : D.H.W de Skikda

Tab : 36 Volume d'eau mobilisé et celui prélevé des principales nappes souterraines de la région de Skikda (2005).



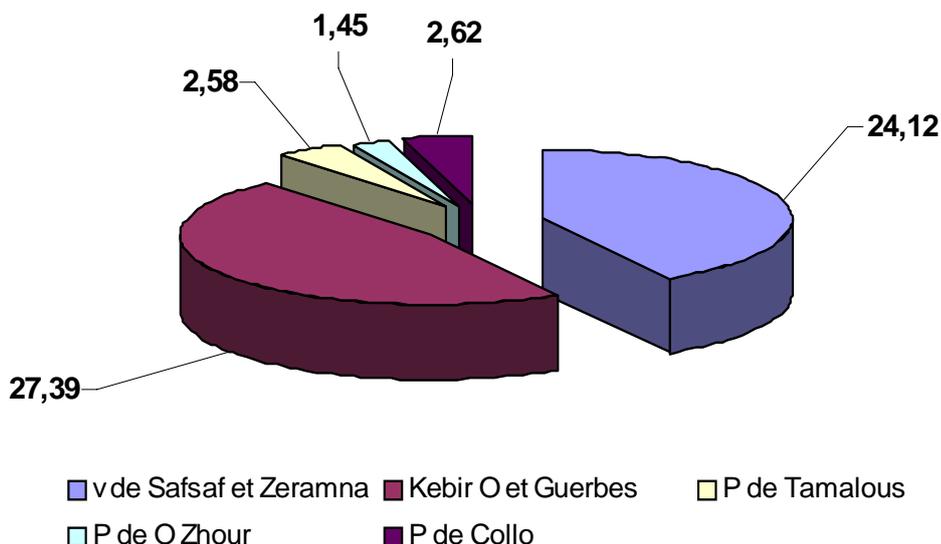


Fig : 73 les volumes mobilisés en Mm<sup>3</sup> des différentes nappes de la zone d'étude pour l'année 2005.

D'après le graphique ci-dessus, on constate que les formations des aquifères étudiés sont principalement des formations du Quaternaire dont la majeure partie est représentée par des sables et des graviers (41 % pour la plaine de Safsaf et 48 % pour la plaine du Kebir Ouest) et près de 11 % est représentée par des alluvions (5 % dans la plaine de Collo, 4 % dans la plaine de Tamalous et 2 % dans la plaine de oued Zhour).(Fig : 70).

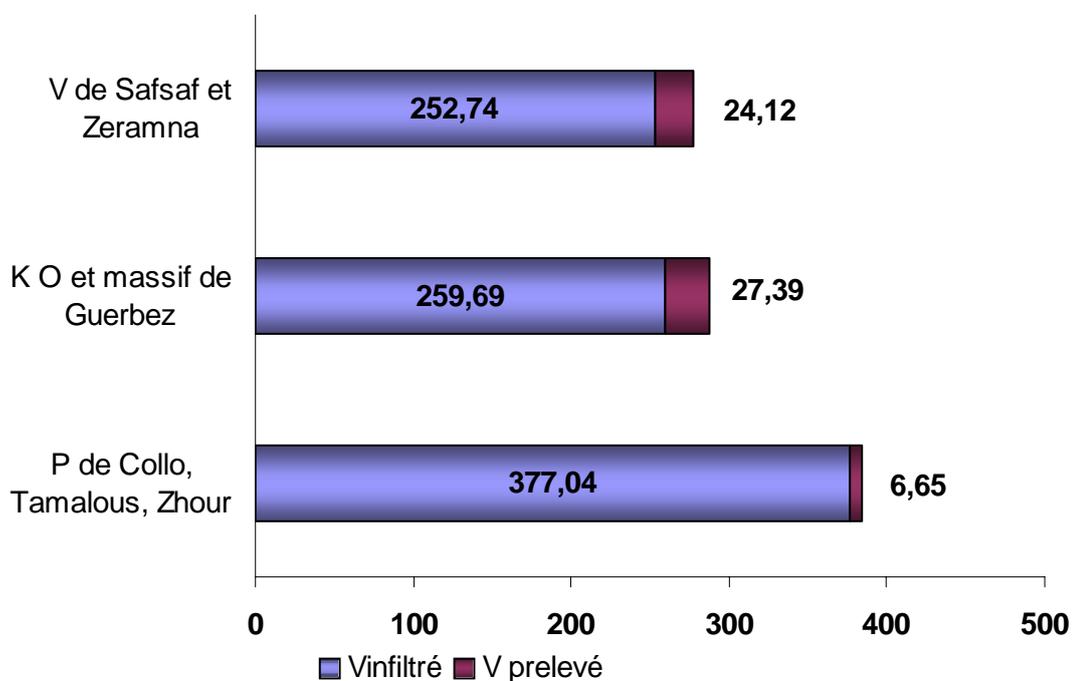


Fig : 74 Estimation du taux d'exploitation (Mm<sup>3</sup>) des principales nappes de la région d'étude (2005).

Un indicateur fréquemment utilisé pour la détermination du **taux d'exploitation** est le rapport entre les flux prélevés et ceux qui transitent effectivement via les aquifères.

Le volume d'eau approximatif infiltré dans les aquifères de la région d'étude est calculé en fonction de l'infiltration (mm) et la surface des bassins versant correspondant (voir chapitre climatologie).

Le barre gramme ci-dessus (Fig:71) représente les taux d'exploitation estimés pour les principales nappes de la zone d'étude (Skikda), montrant ainsi qu'à l'heure actuelle (2005), dans l'ensemble le taux d'exploitation des nappes est relativement bas, car il ne dépasse pas en moyenne les 10 % d'exploitation (9.54 % dans la vallée de Safsaf et la plaine de Zeramna, 10.55 % dans la vallée du kebir Ouest et le massif dunaire de Guerbes et 1.74 % pour les plaines de Collo, oued Zhour et Tamalous.

Cette situation (sous exploitation de la ressource souterraine) peut s'expliquer par le fait de l'utilisation des eaux de surfaces (eau des barrages) en grande quantité au lieu des eaux souterraines, malgré que la densité de la population est élevée et en constante évolution dans cette région pour une ressource souterraine désormais insuffisante pour satisfaire tous ses besoins.

Les eaux souterraines sont donc utilisées dans le cas du plan ORSEC (périodes de sécheresse).

### **VI.2.2 Puits :**

Ajoutant aux forages un ensemble de puits( 833) qui capte les nappes superficielles de la région, destiné pour assurer les besoins en eau potable ou pour l'irrigation de 1240 Ha de quelques collectivité d'habitants avec des débits allant de 3 à 25 l/S. Ceux destinés que pour l'alimentation en eau potable de toute la wilaya sont au nombre de neuf (9) avec un débit global de 58 l/s.

### **VI.2.3 Sources :**

Les sources sont au nombre de (53) dont la plus parts est captée, assurant l'alimentation en eau potable des même communes ou elles se trouvent avec des débits qui dépassent parfois 10 l/s, le débit total capté dans toute la wilaya est de 193.6 l/s.(Tab :37)

Le plus grand nombre de source se trouve dans la Daira de Ouled Attia (13) dont le débit total capté est de 52.2 l/s, suivi de Ain Kechara, El Harrouch, Zitouna, Sidi Mezghich avec 8, 7, 7, 6 sources captant un débit total de 103 l/s.

Daira	Nombre	Débit (l/s)	Destination	Observation
Skikda	3	2.6	AEP	-
El Hadaik	3	1.5	AEP	-
R Djamel	1	3	AEP	-
El Harrouch	7	14	AEP	captées
S Mezghich	6	13	AEP	-
Tamalous	-	-	AEP	-
Ain Kechara	8	6	AEP	captées
Oum Toub	1	0.3	AEP	captée
Collo	2	6	AEP	-
Zitouna	7	70	AEP	-
Ouled Attia	13	52.2	AEP	captées
Azzaba	2	25	AEP	captée
Ben Azzouz	-	-	AEP	-
<b>Total Wilaya</b>	<b>53</b>	<b>193.6</b>		

Source : ABH de Constantine et ANRH de Skikda (2005).

Tab : 37 Les différentes sources dans le terrain d'étude et leurs débits respectifs

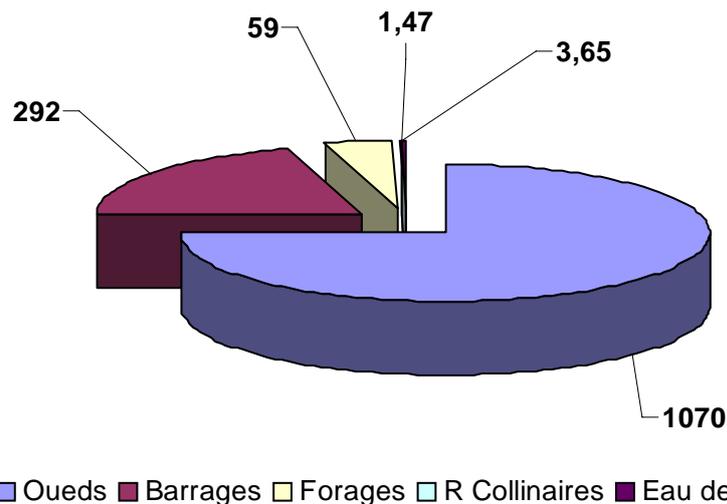


Fig : 75 Schéma récapitulatif du potentiel hydrique souterrain et de surface dans la région d'étude (Skikda).

Le graphique ci-dessus (Fig : 72) nous montre l'abondance des eaux de surface qui représentent près de 96 % par apport aux eaux souterraines qui, elle ne présente que 4 %, malgré qu'elles sont les mieux sollicitées en terme de qualité (leurs caractéristiques chimiques par rapport aux eaux de surface), qui ne nécessite aucun traitement après extraction (Tab :38).

Cette abondance est relative surtout pour les eaux des oueds, car du volume total de 1070 Mm<sup>3</sup> seulement 292 Mm<sup>3</sup> est mobilisé par les quatre barrages de la région et près de 1.47 Mm<sup>3</sup> mobilisé par les 12 retenues collinaires, le reste s'écoule vers la mer (un volume de 776.53 Mm<sup>3</sup> perdu).

Eaux superficielles en (Mm <sup>3</sup> /an)				Eaux souterraines (Mm <sup>3</sup> /an)	Total mobilisé (Mm <sup>3</sup> /an)
Oueds	Barrages	Retenues collinaires	Station de dessalement	Forages	
1070	292	1.47	3.65	59	356.12

**Fig : 38 Récapitulatif des capacités hydriques en eau souterraine et superficielle dans la wilaya de Skikda (2005).**

### VI.3 Les potentialités souterraines totales reconnues et leurs répartitions :

La wilaya de Skikda comprend actuellement 13 Daïras regroupant 38 communes qui s'étendent sur une superficie de 4138 Km<sup>2</sup>. Le potentiel total souterrain mobilisé dans toute la wilaya est de 59 Mm<sup>3</sup>/an dont celui distribué qui est de l'ordre de 14 Mm<sup>3</sup>/an repartit sur toutes les dairas de la wilaya selon le besoin.

La répartition de la ressource souterraine par Daïra s'est fait comme c'est montré dans le tableau qui suit : (Tab:39)



<b>Dairas</b>	<b>Ressources mobilisées Mm<sup>3</sup>/an</b>	<b>Ressources exploitées (AEP) Mm<sup>3</sup>/an</b>
<b>Skikda</b>	<b>16.08</b>	<b>2.995</b>
<b>ELHadaik</b>	<b>2.84</b>	<b>0.63</b>
<b>R Djamel</b>	<b>8.70</b>	<b>2.07</b>
<b>ELHarrouch</b>	<b>3.53</b>	<b>1.227</b>
<b>S.Mezghich</b>	<b>0.36</b>	<b>0.073</b>
<b>Tamalous</b>	<b>3.02</b>	<b>0.748</b>
<b>Ain Kechera</b>	<b>0.15</b>	<b>0.039</b>
<b>Oum Toub</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Collo</b>	<b>2.99</b>	<b>0.87</b>
<b>Zitouna</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Ouled Attia</b>	<b>2.83</b>	<b>0.183</b>
<b>Azzaba</b>	<b>10.77</b>	<b>3.307</b>
<b>Ben Azzouz</b>	<b>7.60</b>	<b>1.987</b>
<b>Total wilaya</b>	<b>59</b>	<b>14.137</b>

Source : D.H.W de Skikda 2005.

**Tab : 39 Répartition par Dairas des ressources souterraines  
(Mm<sup>3</sup>/an) dans la wilaya de Skikda (2005).**

#### **VI.4 Situation actuelle de l'AEP dans la wilaya de Skikda**

La situation de l'approvisionnement en eau potable dans la wilaya de Skikda est moyennement bonne, le volume mobilisé en Mm<sup>3</sup>/an dans la totalité de la wilaya est de 59 Mm<sup>3</sup>/an (décembre 2005) et celui distribué est de l'ordre de 14 Mm<sup>3</sup>/an reparti sur chaque Dairas selon leurs besoins avec une dotation théorique variable de 150 à 180 l/j/hab fixée par le Ministère de l'équipement.

Le taux de raccordement ne dépassant pas 80% dans la plus part des Daïras avec un taux de perte sur réseau qui est estimé de 20 à 40 % l'état du réseau est donc classe de moyen à mauvais dans certaines dairas. (Fig : 40)

Actuellement, la plus part des dairas de la wilaya sont alimentées par les eaux des quatre barrages sauf pour quelques unes qui sont alimentées par les eaux de forages.

La majeure partie des eaux superficielles de la région de Skikda (eau de barrages) est acheminée vers les stations de traitement Hamadi Krouma, Zerdazas, Guenitra et Bini Zid.

Une partie des eaux du barrage de **Guenitra** est refoulée vers la station de traitement de Guenitra située dans la daïra d'Oum Toub et l'autre partie vers la station de Hamadi Krouma après traitement elles seront distribuées pour la ville de Skikda et sa zone industrielle.

Les eaux provenant du barrage de **Zerdazas** sont refoulées vers la station de traitement de Zerdazas, après traitement elles vont alimenter El Harrouch, Zerdazas, Ain Bouziane, Salah Bouchaour et Emjez Edchich avec un total distribué de  $10050 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $3.67 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ), pour des besoins de  $16152 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $5.90 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ). (Tab : 40).

Le barrage de **Zerdazas** a été relié au barrage de Guenitra pour faire face aux besoins de la ville de Skikda, cumulés à ceux de l'industrie pétrochimique et de l'irrigation de la vallée de Safsaf. Suite à la sécheresse de 2002, une autre conduite a été déployée pour relier ce système au nouveau barrage de Zit Emba, destiné à l'irrigation. (Fig : 74).

Les eaux du barrage de **Zit Emba** sont traitées au niveau de la station de Hamadi Krouma, ensuite elles sont acheminées pour alimenter la région de Collo, chaque jour  $24000 \text{ m}^3$  d'eau sont traitées et peuvent même aller jusqu'à  $30000 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $11 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ).

Les eaux du barrage de **Beni Zid** sont traitées au niveau de la station de traitement de Beni Zid en raison de  $25000 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $9.12 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ). Actuellement seulement  $17000 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $6.20 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ) sont traitées ensuite refouler pour les besoins des régions de Azzaba, Beni Zid, Cheria et Kerkerà à raison d'un volume distribué de  $54100 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $1.97 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ), pour des besoins de  $7977 \text{ m}^3/\text{j}$  ( $2.91 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ).

Dairas	Volume distribué (Mm <sup>3</sup> /an)	Dotation théorique (l/j/hab.)	Dotation réelle (l/j/hab.)	Taux de raccordement (%)	Taux de perte (%)
Skikda	2.995	170	140	94	20
ElHadaik	0.63	150	140	90	30
R Djamel	2.07	160	150	85	35
El-harrach	1.227	160	120	80	30
S. Mezghich	0.073	160	120	80	60
Tamalous	0.748	160	100	70	35
Ain Kechera	0.039	150	30	70	35
Oum Toub	-	160	28	80	50
Collo	0.87	160	70	80	40
Zitouna	-	150	120	85	13
Ouled Attia	0.183	150	60	70	20
Azzaba	3.307	160	80	90	10
Ben Azzouz	1.987	150	80	95	5
Total wilaya	14				

Source : D.H.W de Skikda 2005.

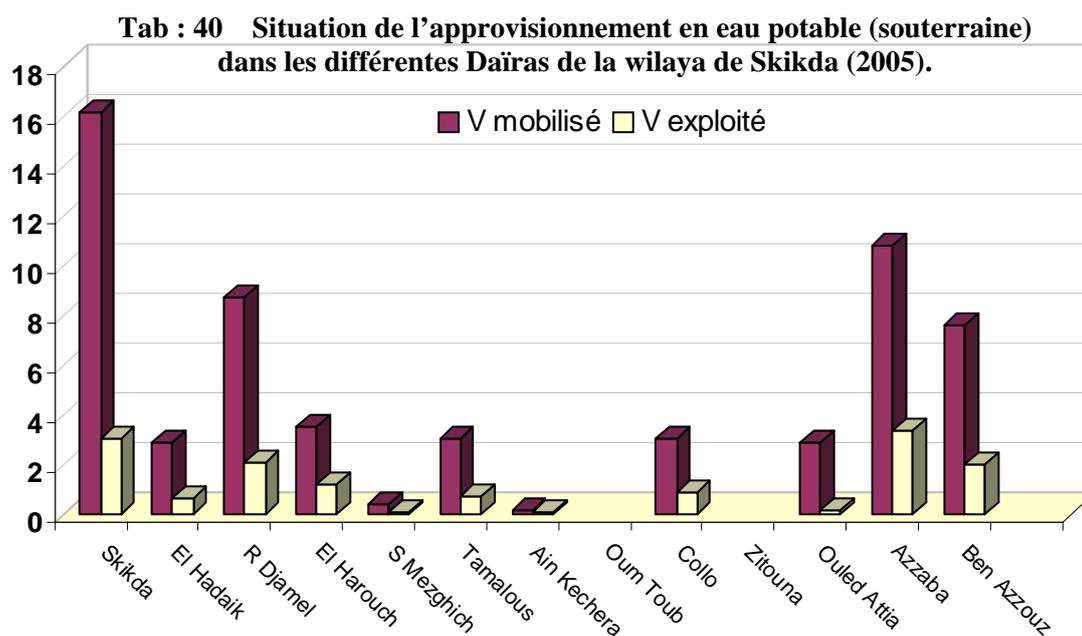


Fig : 78 Les ressources souterraines mobilisées et celles distribuées dans la wilaya de Skikda pour l'année 2005.

Le volume total mobilisé (souterrain et superficiel) est de 354.65 Mm<sup>3</sup> pour l'année 2005, dont celui distribué est approximativement de 143.13 Mm<sup>3</sup> aux différentes agglomérations de la zone d'étude.

Le volume d'eau rejeté (eaux usées) est de 39 Mm<sup>3</sup> approximativement durant l'année 2005 dans des milieux récepteur tels que oueds, chaabat et mer (Figure :).

L'existence de station d'épuration des eaux usées au niveau de chaque grande agglomération aurait récupéré un volume annuel épuré de 39 Mm<sup>3</sup> et sa réutilisation dans de différent domaines (industrie et irrigation...) (Fig :75).

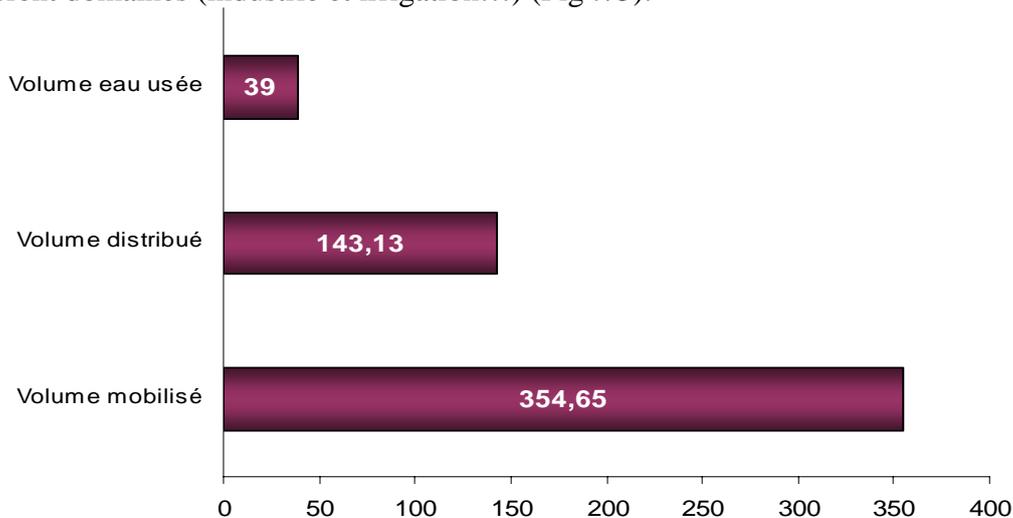


Fig : 79 Les volumes d'eau distribuées et rejetées (usées) en Mm<sup>3</sup> dans la région d'étude (2005).

### VI.5 Les besoins futurs en eau dans la wilaya de Skikda :

Trois grandes activités se répartissent l'utilisation d'un certain volume de la réserve totale d'eau souterraine et superficielle **mobilisée** estimée approximativement à 356.12 Mm<sup>3</sup> dans toute la wilaya de Skikda (2005):

- le premier consommateur et l'agriculture qui utilise près de 112.77 Mm<sup>3</sup> du volume total (2005), dont 25 % seulement est utilisée par les plantes le reste réintègre le cycle de l'eau (infiltration, évapotranspiration

- L'alimentation en eau potable et le deuxième consommateur avec l'utilisation de près de 64.63 Mm<sup>3</sup> pour année (2005) dont environ 30 à 40 % est perdu à cause des fuites.

-

- L'industrie utilise près de 33.83 Mm<sup>3</sup> par année (eau douce), ajoutant à ce chiffre l'utilisation de l'eau de mer avec un volume de presque 450 Mm<sup>3</sup> (pour un total de 484 Mm<sup>3</sup> pour l'année 2005).

### **VI.5.1 Les besoins futurs en eau potable dans la wilaya de Skikda :**

Pour l'estimation quantitative des besoins en eau potable, il faut tenir compte de l'accroissement démographique de la région.

La population de la wilaya de Skikda est en évolution constante ce qui implique une augmentation des besoins en eau potable dans le même sens. Avec un taux d'accroissement moyen de 3.32 %/an on a pu illustrer l'évolution de la population dans le temps à la wilaya de Skikda sur la figure (Fig :77).

En décembre 2005 le volume d'eau mobilisé dans la région de Skikda est d'environ 59 Mm<sup>3</sup> (eau souterraine), 292 Mm<sup>3</sup> (eau de barrage), 3.65 Mm<sup>3</sup> (eau de dessalement) et 1.47 Mm<sup>3</sup> (eau de retenues collinaires), pour une population approximative d'un million d'habitant, un volume de 64.63 Mm<sup>3</sup> (est distribué pour l'approvisionnement des différentes Dairas de la wilaya : AEP).

Les estimations pour l'horizon 2025 sont de 124,38 Mm<sup>3</sup>/an (eau souterraine) avec une population qui augmentera à environ 2 millions d'habitants (c'est presque le double du volume total mobilisé et environ neuf fois le volume distribué actuellement).(Fig : 76).

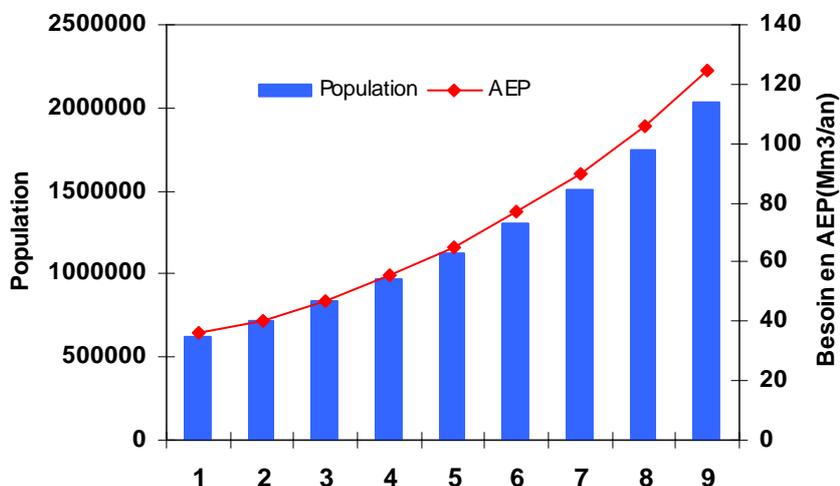


Fig : 80 Evolution de la population et augmentation des besoins en AEP (Mm<sup>3</sup>/an) dans la wilaya de Skikda

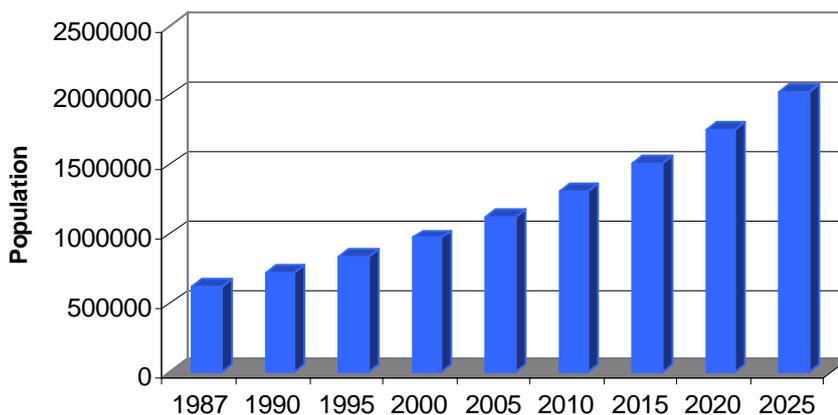


Fig : 81 Evolution de la population dans la wilaya de Skikda de 1987 à 2025.

### VI.5.2 Les besoins en eau pour l’agriculture

Les potentialités de la région en eau souterraine et superficielle et en sol agricole sont importantes cela a permis la valorisation de la petite et moyenne hydraulique et aussi l’irrigation des grands périmètres. Les besoins totaux en eau pour l’agriculture sont fonction des conditions du climat et des indices économiques de la région.

Elle compte parmi les wilayas les plus importantes dans le domaine agricole avec une superficie agricole utile (SAU) de 131879 ha dont 23276 ha irrigués.(Tab : 41).

La plaine de Safsaf qui est un grand périmètre de 6276 ha dont 5654 ha, périmètre équipé irriguée et par les eaux du barrage de Zerdazas avec 18 Mm<sup>3</sup>/an et Guenitra avec 15.65 Mm<sup>3</sup>/an pour un total de 33.65 Mm<sup>3</sup>/an d'eau de surface.

Les petits et moyens périmètres sont irrigués par les eaux des retenues collinaires, forages, puits et prises d'eau des oueds.

Les grands périmètres en projet sont au nombre de trois :

-13100 ha dans la zone Est du terrain d'étude dont 6475 ha périmètre de Zit Emba (étude terminée), qui sera irrigué par les eaux du barrage de Zit Emba, la première tranche de 2516 ha dans la partie Sud est réalisée, reste la deuxième tranche de 3959 ha en cours de réalisation. Le volume total qui sera destiné à ce périmètre est de 43 Mm<sup>3</sup>/an.

-3900 ha dans la zone Ouest du terrain d'étude (région de Collo dans la vallée de Teleza) dont 1500 ha périmètre de Beni Zid (étude d'aménagement terminée), qui sera irrigué par les eaux du barrage de Beni Zid. La réalisation de ces deux périmètres sera gérée par l'office nationale de l'irrigation et du drainage (ONID).

Pour les projets en perspectives :

- Périmètre irrigué de Guerbes 03 de 100 ha.
- Périmètre irrigué de koudiet Ras Essboua d'une superficie de 120 ha.
- Périmètre irrigué de Oued El Koudi de 70 ha.
- Périmètre de la plaine d'El Hadaiek de 500 ha.
- Périmètre de la plaine de Oued Bibi de 120 ha.
- Elargissement du périmètre de Zit Emba (2<sup>ème</sup> tranche) de 3959 ha.
- Réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation.

Les superficies agricoles utiles irriguées existantes sont de 23276 ha avec une augmentation de 4869 ha pour les années à venir, la demande en eau pour l'irrigation va augmenter dans le même sens.

Sources d'eau	Superficie (ha)	Nombre	Volume (Mm <sup>3</sup> )
Forages	490	30	17.96
Puits	1240	833	4.28
Barrages	1156	04	17.78
R collinaires	174	12	0.797
Eau des oueds	6637	-	6.184
<b>Total</b>	<b>9698.25</b>		<b>46.99</b>

Tab : 41 Volume d'eau utilisé (Mm<sup>3</sup>) pour l'agriculture à partir de chaque type d'ouvrage (2005).

Barrages	Capacité totale (Mm <sup>3</sup> )	V régularisable (Mm <sup>3</sup> )	Distribution pour l'irrigation (Mm <sup>3</sup> )	Volume restant (Mm <sup>3</sup> )
Zerdazas	18.112	18	4.38	13.62
Guenitra	117.83	48	6.95	41.05
Beni Zid	39.39	20	1.37	18.63
Zit Emba	116.59	43.4	5.08	38.32
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>129.4</b>	<b>17.78</b>	<b>54.67</b>

Tab : 42 Volume d'eau (Mm<sup>3</sup>) distribué des quatre barrages pour l'irrigation (bilan décembre 2005).

Actuellement, en 2005 la distribution des eaux des barrages pour l'irrigation se fait comme c'est montré dans le (tableau :42), le volume total est de 17.78 Mm<sup>3</sup> au lieu de 33.65 Mm<sup>3</sup> programmé pour les périmètres irrigués, cela peut être du, à l'abondance des pluies durant cette année ce qui a permis la baisse du volume d'eau pour l'irrigation (Tab :42).

D'un volume total d'eau mobilisé par les 12 retenues collinaires de 1.47 Mm<sup>3</sup>, seulement, 0.79 Mm<sup>3</sup> est utilisé pour l'irrigation de 174 ha (2005). Concernant les prises d'eau des oueds, le volume consacré est de 6.18 Mm<sup>3</sup> pour une superficie à irriguée de 6637 ha.

Le volume d'eau de 1.71 Mm<sup>3</sup> extrait de 30 forages a irrigué une superficie de 490 ha.

La superficie totale irriguée et équipée en ha dans la zone d'étude est de 9698.25 ha pour un volume d'eau de 46.99 Mm<sup>3</sup> extrait des différents types d'ouvrages, à raison d'une dotation de 5000 m<sup>3</sup>/ha/an. (Fig : 78).

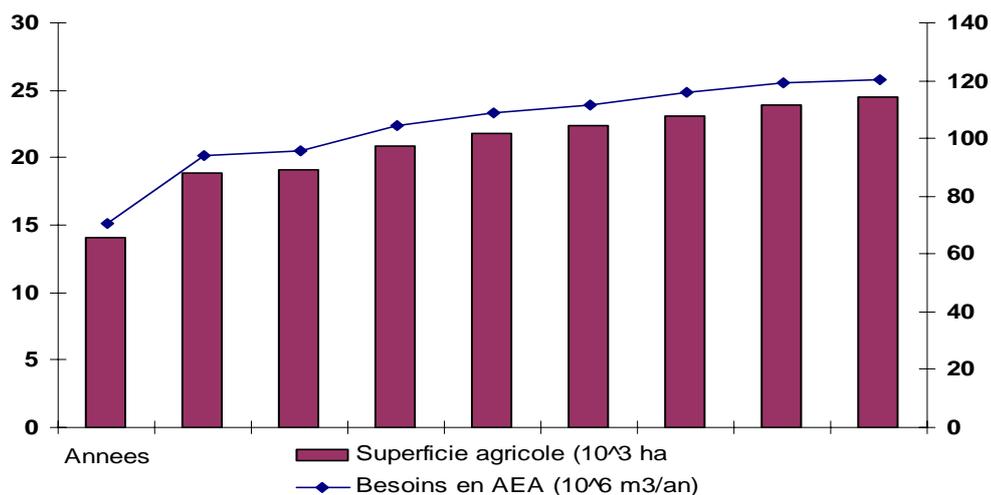
En effet, la superficie totale irrigable de toute la wilaya qui est de 23276 ha nécessite près de 112.77 Mm<sup>3</sup> d'eau pour la dotation de 5000m<sup>3</sup>/ha/an.

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables, en effet, en projetant une augmentation de 5000 ha toutes les cinq années à venir, les besoins en eau pour l'agriculture augmenteront comme c'est illustré sur le tableau qui suit : (Tab : 43)

<b>Années</b>	<b>Superficie agricole en (10<sup>3</sup> ha)</b>	<b>Besoins en AEA (Mm<sup>3</sup>/an) pour 5000 m<sup>3</sup>/ha/an</b>
<b>1986</b>	14.100	70.5
<b>1990</b>	18.847	94.23
<b>1995</b>	19.111	95.55
<b>2000</b>	20.858	104.29
<b>2005</b>	23.276	112.77
<b>2010</b>	28.276	136.99
<b>2015</b>	33.276	161.21
<b>2020</b>	38.276	185.43
<b>2025</b>	43.276	209.65

Source DPAT

**Tab : 43 Evolution des besoins en eau pour l'agriculture (2005-2025).**



**Fig : 82 Evolution dans le temps de la demande en eau pour l'agriculture (1987-2025) dans la wilaya de Skikda.**

### VI.5.3 Les besoins en eau pour l'industrie :

Le secteur industriel est le troisième consommateur d'eau après l'AEP et l'irrigation. Les industries sont concentrées autour des agglomérations principales et leurs consommations en eau sont extrêmement variables d'un secteur d'activité à un autre et cela selon le type et la nature de l'activité et aussi de la qualité de l'eau.

Cette consommation est croissante en raison du développement socio-économique important que vit la wilaya surtout dans les régions à grande population telles que Skikda, Azzaba, Collo ...

Les ressources en eau des unités industrielles proviennent essentiellement de barrages, forages, puits, prise d'eau des oueds, dessalement de l'eau de mer et l'eau de mer.

Cependant, les pénuries d'eau fréquentes surtout en période estivale, ont contraint certains industriels à réfléchir sur l'économie et le recyclage de l'eau en réalisant des forages et des puits sur les sites même de production (zone industrielle de Hamoudi Hamrouch) et l'utilisation de l'eau de mer pour le cas des usines implantées en bordure (Sonatrach de Skikda), qui constitue un complément en eau pour certaines phases de production.

Les besoins en eau pour les différentes unités industrielles de la région d'étude s'élèvent à un total de presque 33.83 Mm<sup>3</sup> pour l'année 2005, (eau de barrages : 25.37 Mm<sup>3</sup> et eau de forages : 8.46 Mm<sup>3</sup>). (Tab : 44).

Secteur	Besoins en eau (Mm <sup>3</sup> )		
	Barrages	Forages	eau de mer
AEI	25.37	8.46	450

Tab : 44 les besoins en eau (Mm<sup>3</sup>) dans le secteur de l'industrie (2005).

En effet, pour les horizons avenir on peut faire une projection des besoins en eau pour l'industrie avec une augmentation de 10 % des besoins actuels pour chaque cinq années on aboutira aux résultats mentionnés sur le tableau qui suit : (Tab :45 et Fig 79).

Années	1987	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
A.E.I (Mm <sup>3</sup> )	9	9	10	11	12	13	14	15	16

Source : ANRH de Constantine, ABH de Annaba.

Tab : 45 Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie (1987-2025).

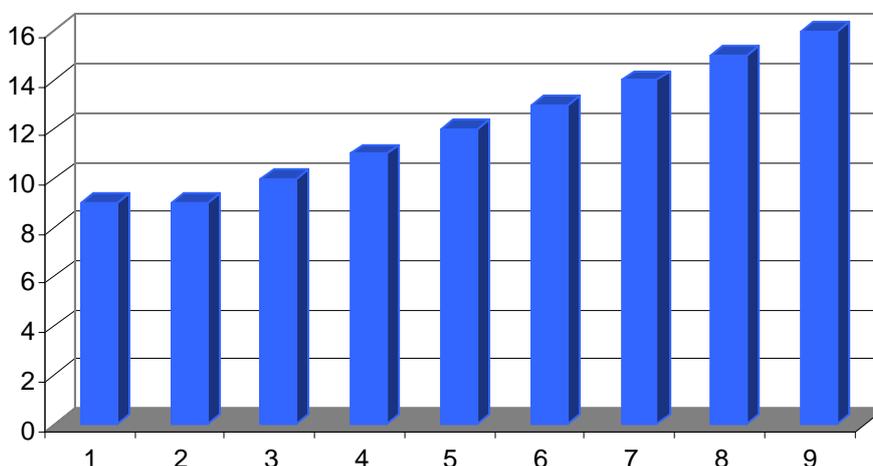


Fig : 83 Evolution dans le temps de la demande en eau (Mm<sup>3</sup>/an) pour l'industrie dans la wilaya de Skikda (1987 - 2025).

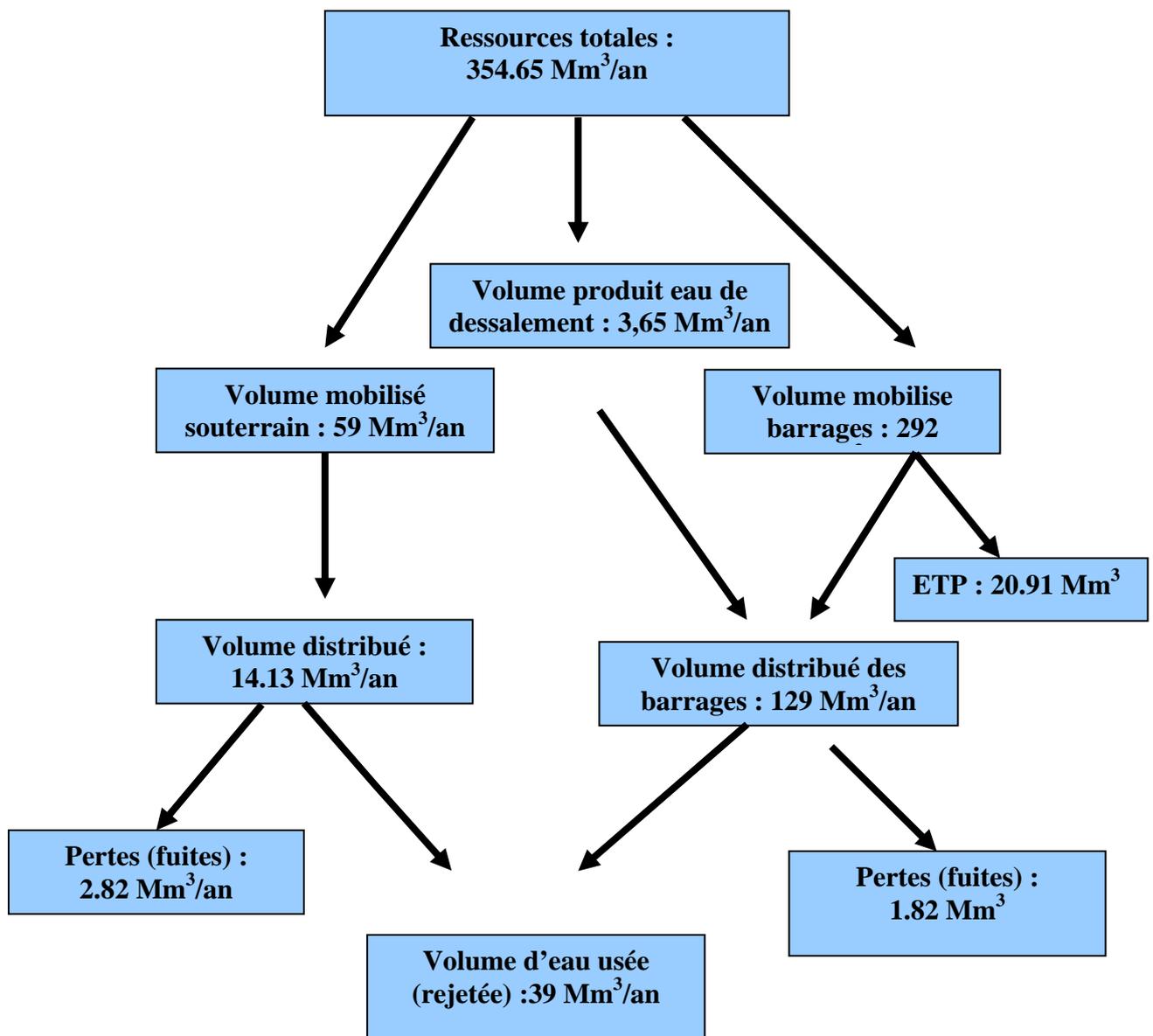


Fig : 84 Ressources potentielles exploitables de la région de Skikda (2005).

**Conclusion :**

Les différents oueds de la wilaya de Skikda charrient un total approximatif de 1070 Mm<sup>3</sup>/an en drainant une superficie globale de 4138 Km<sup>2</sup>.

Les barrages apportent un volume annuel de près de 292 Mm<sup>3</sup>/an pour une capacité globale actuelle de 291.91 Mm<sup>3</sup> (capacité initiale de 317 Mm<sup>3</sup>).

Les pertes (fuites et évaporation) sont estimées à un total de 22.73 Mm<sup>3</sup>.

Les retenues collinaires (32) mobilisaient un volume approximatif de 4 Mm<sup>3</sup> pour les années précédentes, (la dégradation de l'état de plus que la moitié des retenues de la région a causé la diminution du volume de 2 Mm<sup>3</sup> pour l'année 2005).

Le volume d'eau estimé des principales nappes souterraines est de 59 Mm<sup>3</sup>/an avec la mobilisation d'un volume totale estimé à près de 32 Mm<sup>3</sup> (2005) pour un volume distribué de 14 Mm<sup>3</sup> avec une dotation moyenne de 150 l/j/hab. le taux de perte (sur réseau) est estimé à 20 - 40 %.

La demande en eau dans la wilaya de Skikda est en augmentation constante pour tous les secteurs (AEP, irrigation et industrie).

Les besoins en eau pour la consommation humaine pour l'année 2005 sont de 63 Mm<sup>3</sup> (eau de surface : 48.95 Mm<sup>3</sup>, eau souterraine : 14 Mm<sup>3</sup>), cette demande augmente avec l'accroissement de la population.

Les besoins en eau pour l'agriculture augmentent avec l'accroissement des terres agricoles dans la région d'étude.

# *Chimisme et qualité des eaux*

## VII Aperçu sur le chimisme et la qualité des eaux de la wilaya de Skikda

### Introduction

La vulnérabilité des eaux à la pollution dépend du type de nappe libre ou captive et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère.

Les nappes libres sont les plus vulnérables. Les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique. La fluctuation verticale saisonnière du niveau piézométrique entraîne les substances polluantes vers la zone saturée de l'aquifère.

En effet, pour atteindre une nappe libre en milieu poreux les matières polluantes, transportées par les eaux d'infiltration, doivent franchir :

- **le sol** où l'activité chimique et microbiologique est intense (oxydation, réduction...).
- **La zone non saturée**, comme le sol, joue un rôle dans la filtration et la rétention de certaines substances polluantes. Cette action est d'autant plus efficace que la granulométrie du sol est plus faible.
- **La zone saturée** où la filtration se poursuit dans le milieu poreux de la nappe et par la suite le polluant est dilué dans la masse d'eau.
- 

La protection de la nappe sera d'autant plus meilleure que le sol et la zone non saturée sont épais, que la granulométrie est fine et que la vitesse de percolation de l'eau dans la nappe est faible.

En revanche, les nappes captives sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent. Leur vulnérabilité vis-à-vis de la pollution se manifeste dans le cas où le niveau protecteur imperméable est foré par un ouvrage (cas de forage abandonné).

### VII.1. Qualité des eaux superficielles (oueds):

L'agence nationale pour la protection de l'environnement et la lutte contre la pollution (ANPEP) estime les déchets industriels en Algérie à un million de tonne par an. 400.000

tonnes (40%) sont considérées comme toxiques et dangereuses dont 8 % sont jugées comme étant encore plus dangereuses.

La zone Est est classée comme la plus polluée du pays avec 55% du chiffre global.

Concernant le rejet des déchets industriels dans les cours d'eau, la wilaya de Annaba est classée première avec 50 %, suivie de la wilaya de Skikda avec 10 % de rejets.

En effet, l'ANPEP insiste sur la gestion rationnelle des déchets toxiques qui menacent la vie des citoyens et détériorent la qualité des eaux.

Suite au tissu industriel très dense, les eaux de la wilaya de Skikda sont menacées par la dégradation de leur qualité ce qui a permis par la suite le non respect des normes portant sur la qualité de l'eau dans ses différents usages.

Par ailleurs, les concentrations élevées des nitrates et des phosphates trouvées dans les eaux confirment la pollution qui est due principalement à l'épandage excessif des engrais.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature géologique des terrains rencontrés sur leur parcours.

Par l'intermédiaire de dissolutions et attaques chimiques, l'eau est sans cesse en interaction avec les éléments constitutifs des terrains traversés.

D'autre part, à l'interface eau air de nombreux échanges contribuent à charger l'eau en gaz dissous (azote, oxygène...)

Par ailleurs, ce chimisme peut réagir avec les rejets industriels qui vont mener par la suite aux changements du faciès chimique de ces eaux.

Pour l'évaluation de la qualité des eaux, il existe plusieurs méthodes, parmi elles celle de l'indice de l'altération des eaux par les matières organiques et oxydables, qui est souvent utilisé pour les eaux superficielles (Leclercq et Maquet, 87).

Elle consiste à calculer un indice de qualité global pour chaque altération définie pour les paramètres représentatifs de cette altération tels que DBO<sub>5</sub>, COT, DCO, O<sub>2</sub> dissous...

Cet indice s'exprime en pourcentage et prend des valeurs comprises entre 0 % (qualité la plus mauvaise) et 100 % (qualité la plus favorable).

Et suivant les normes de potabilité, cinq classes ont été définies permettant ainsi d'obtenir cinq niveaux d'altération (très bonne qualité, bonne, moyenne, mauvaise et très mauvaise), chaque un de ces niveaux correspond à une tranche de 20 % d'indice.

Paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	> 8	6	4	3	< 3
O <sub>2</sub> (%)	%	90	70	50	30	< 30
DBO <sub>5</sub>	mg/l (O)	3	6	10	25	> 25
COT	mg/l (C)	5	7	8	12	> 12
DCO	mg/l	20	30	40	80	>80
NH <sub>4</sub>	mg/l (N)	0.5	1.5	2.8	4	>4
Indice	%	100/80	80/60	60/40	40/20	20/0

Tab : 46 Grille de qualité des eaux superficielles et leurs indices.

L'importance de l'oxygène dans l'eau est une variable déterminante du degré de pollution des eaux, elle est mesurée avec les trois paramètres suivants :

- Oxygène Dissous
- DCO
- DBO<sub>5</sub>

Pour le calcul de l'indice d'altération on a pris en considération que les trois paramètres ; saturation en oxygène, ammonium, DBO<sub>5</sub>, obtenant ainsi, les différents indices qui sont reportés sur les figures qui vont suivre (Tab :46) :

#### VII.1.1. Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir Ouest :

Les eaux de l'oued Kebir Ouest traversent les terrains formés de calcaires argileux riches en bicarbonates de sodium (massifs calcaires de djebel Safia), ce qui explique les concentrations élevées des bicarbonates ( $200 < \text{HCO}_3 < 400$  mg/l) et celles du sodium qui sont de 50 à 100 mg/l.

Ainsi que des terrains gréseux et sableux qui explique la dominance de Na Cl avec des concentrations de Na qui varient de 50 à 100 mg/l et celles des chlorures allant de 80 à 180 mg/l.

Après une observation de 15 années sur les résultats d'analyses faites sur les eaux de l'oued on a constaté que le faciès chimique dominant est bicarbonaté calcique avec un changement du faciès pendant trois ans en bicarbonaté sodique.

La saturation en oxygène dissous ( $O_2$  %) nous donne une appréciation sur l'équilibre naturel d'un cours d'eau (oued), sa présence dans les eaux de surface est indispensable pour la vie aquatique, et sa diminution génère un milieu favorable à la prolifération d'algues (fermentation et dégagement de mauvaise odeur ce qui conduit à la dégradation de sa qualité).

Le plus souvent l'oxygène dissous est proche de la saturation dans les eaux de surface, mais il est absent dans les eaux polluées, en effet, la présence de gaz dissous surtout l'oxygène est une caractéristique des eaux de surface

L'augmentation de la saturation en oxygène (%) est le témoin de la bonne qualité des eaux de surface.

En observant la figure ci-dessus on constate que les eaux de l'oued Kebir Ouest sont moyennement chargées en oxygène dissous durant presque la moitié de la période d'observation

Ainsi, durant seulement deux années l'altération a atteint les deux dernières classes de qualité (mauvaise et très mauvaise) (Figure : 81).

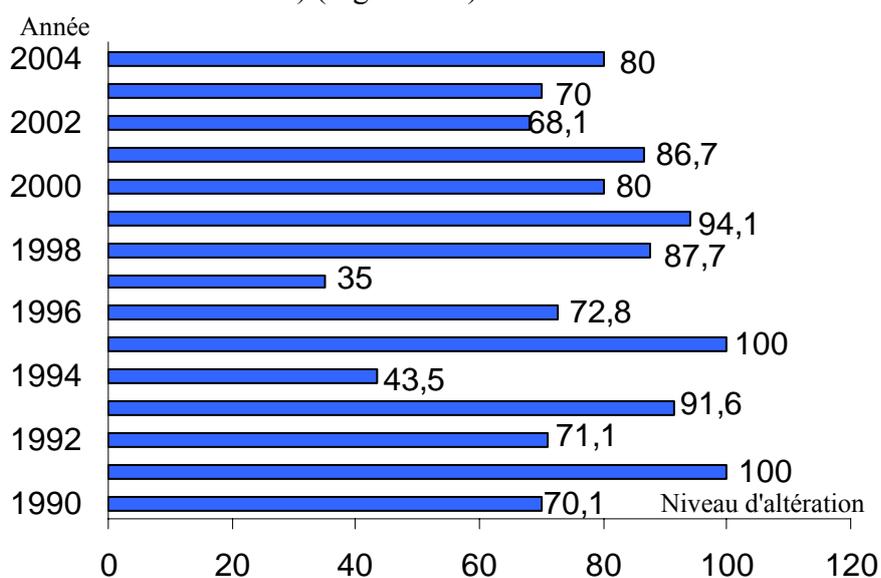


Fig : 85 Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir vis à vis  $O_2$  (90/04).

On observe sur la figure ci dessous une nette amélioration de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (durant les dernières années) vis-à-vis leurs teneurs en ammonium, par ailleurs, les concentrations ont atteint 10 mg/l durant les premières années d'observation, pour cet effet, elles sont classées de très mauvaise qualité (Fig : 82).

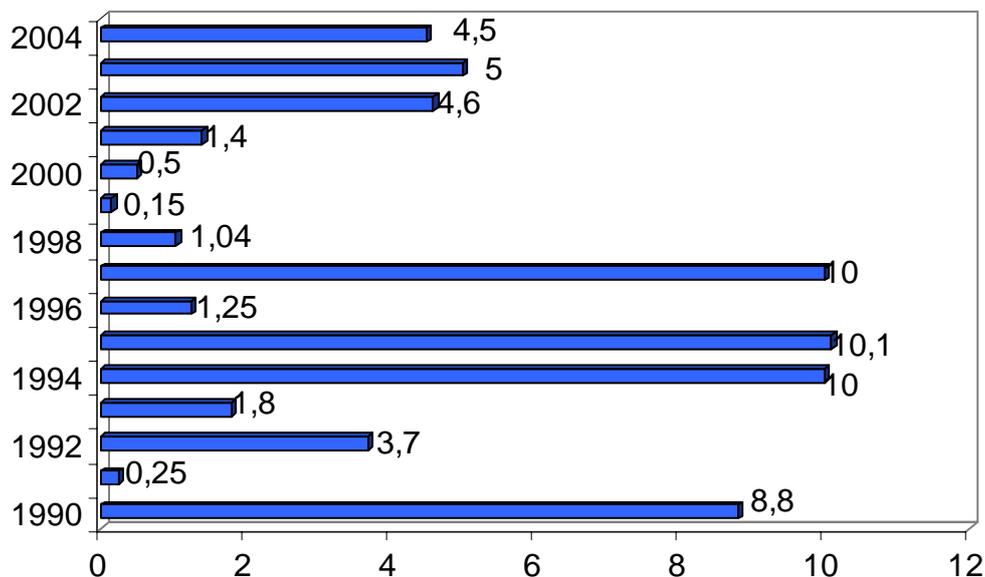


Fig : 86 Niveau d'altération des eaux du Kebir Ouest vis à vis NH4

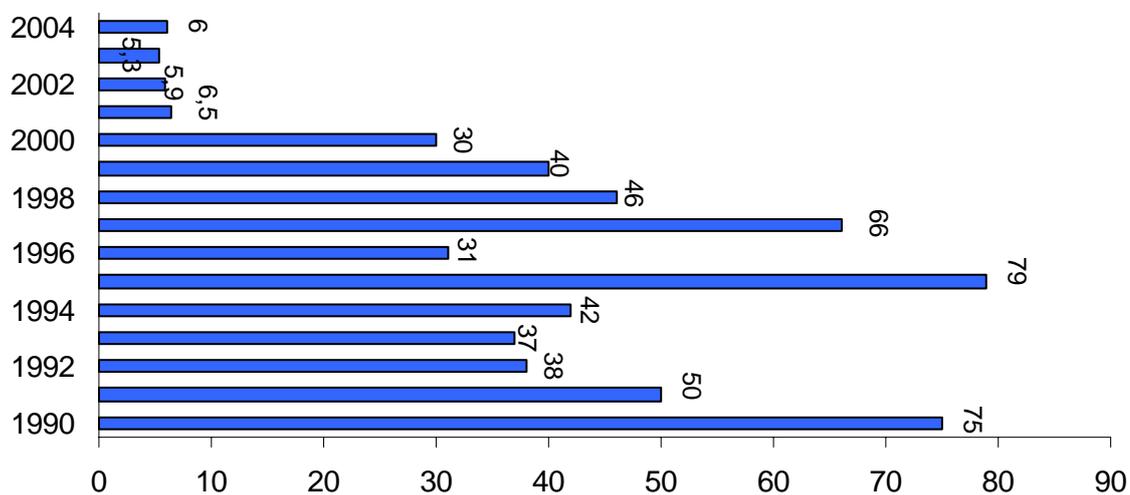


Fig : 87 Niveau d'altération des eaux de l'oued Kebir Ouest vis à vis DBO5 (90/04)

La DBO<sub>5</sub> mesure le caractère biodégradable des matières organiques, elle représente la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes après 5 jours pour oxyder les matières organiques biodégradables.(Fig : 83).

La pollution par les matières organiques peut provenir des rejets urbains, agricoles et industriels (industrie chimique...).

Selon les recommandations de l'organisation mondiale de la santé pour qu'une eau de surface soit de bonne qualité sa demande biologique en oxygène ne doit pas dépasser 3 mg/l, dans les eaux de l'oued **Kebir Ouest** la DBO<sub>5</sub> varie de 6 à 80 mg/l (Figure :83).

De l'année 1990 jusqu'à 2000 la demande biologique en oxygène a atteint un maximum de 79 mg/l ainsi, ces eaux sont classées dans la catégorie mauvaise et très mauvaise.

A partir de l'année 2000, on assiste à une baisse de la demande biologique en oxygène atteignant des valeurs inférieures (5 à 6 mg/l), ce qui a permis de classer ces eaux dans la catégorie bonne à moyenne.

#### **VII.1.1.1 Classe de qualité et indice global des eaux de l'oued Kebir Ouest :**

Après avoir calculer les indices d'altérations pour chaque paramètre de la pollution par les matières organiques et oxydables, on a abouti à un indice global (regroupant les séries des trois indices). (Figure : 84)

L'altération a atteint un maximum de 4.5 durant les premières années d'observation, pour ce fait, ces eaux sont classées dans la catégorie (mauvaise qualité). A partir de l'année 1998, cet indice a baissé de presque deux classes pour atteindre la catégorie de bonne qualité avec un indice minimal de 2 (vert) (voir figure ci-dessous).

L'indice de qualité global peut être obtenu en utilisant la formule de AZEN simplifiée :

$$\text{Rang de l'indice global} = \text{arrondi de (nombre de valeur} \times 0.9) + 0.5$$

Pour une série de 15 prélèvements (15 années d'observation) on obtient :

$$\text{Rang} = \text{arrondi (15} \times 0.9) + 0.5 = 14$$

C'est donc la 14<sup>ème</sup> valeur de la série classée par ordre décroissant qui est prise comme indice global de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest comme suit:

Après avoir classer les valeurs par ordre décroissant, il ressort que l'indice global des eaux de l'oued Kebir Ouest (sur une période de 15 années d'observation) est de 18 %, ce qui les met dans la quatrième classe avec une qualité mauvaise.

D'après le graphique ci-dessous, on constate que les années durant lesquelles l'eau est plus altérée sont 1990, 1994 et 1997 ou l'indice d'altération est le plus proche de la cinquième classe au niveau de laquelle, l'altération est la plus défavorable (très mauvaise qualité). (Figure : 85).

Par ailleurs, une légère baisse de l'indice est constatée durant les dernières années d'observation (1998 à 2004).

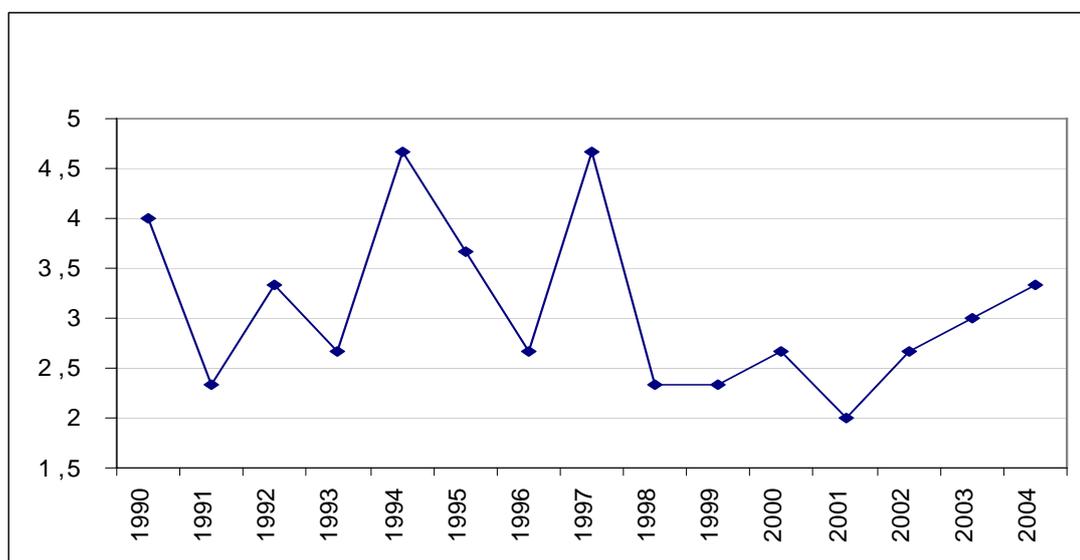


Fig : 88 Indice d'altération organique (Kebir Ouest)

### VII.1.2.Niveau d'altération de eaux de l'oued Guebli :

Les eaux de l'oued Guebli sont chargées en bicarbonates et en calcium qui provient du lessivage des calcaires qui constituent l'oued en amont (monts calcaire de la région de Oum Toub d'où naît l'oued Guebli).

Les concentrations des bicarbonates varient de 100 à 200 mg/l et celles du calcium varient de 10 à 70 mg/l.

Le faciès chimique dominant des eaux de l'oued Guebli après une observation de 20 ans est bicarbonaté calcique avec un changement du faciès en bicarbonaté sodique pendant seulement trois années.

Les eaux de l’oued Guebli sont plus chargées en **oxygène dissous** que celles de l’oued Kebir Ouest atteignant des valeurs de 80 à 90 % durant la majorité des années d’observation, ce qui suppose qu’elle sont moins altérées (Figure :86 ci -dessous).

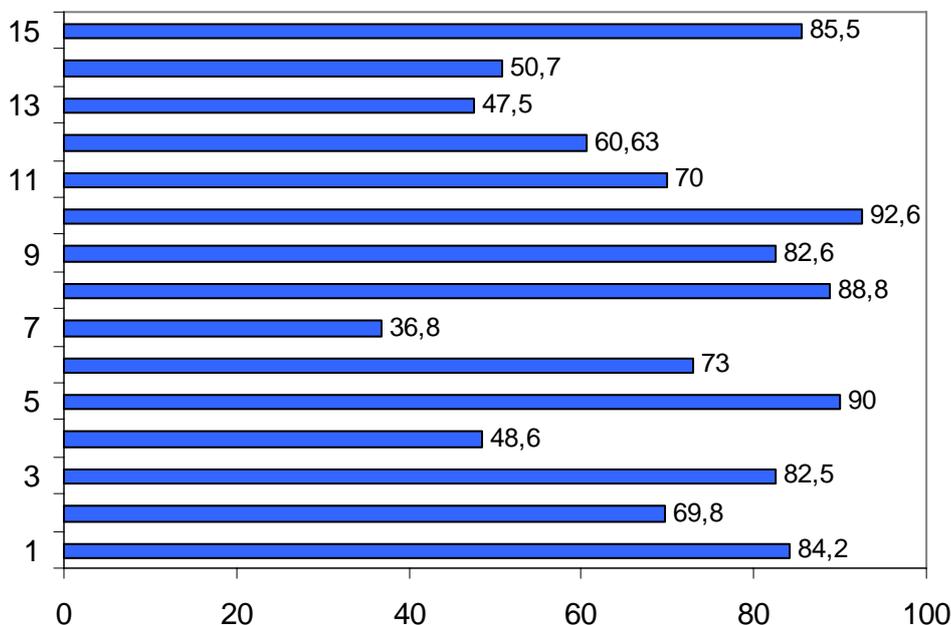


Fig : 89 Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli vis avis O2 (1990/2004)

L’évolution des concentrations de l’**ammonium** dans les eaux de l’oued Guebli se fait en augmentant durant les trois dernières années d’observation, elle passe de la teneur de 0.1 mg/l à presque 1.5 mg/l, ce qui a permit la détérioration de leur qualité (sont classées de moyenne qualité).(Fig : 87)

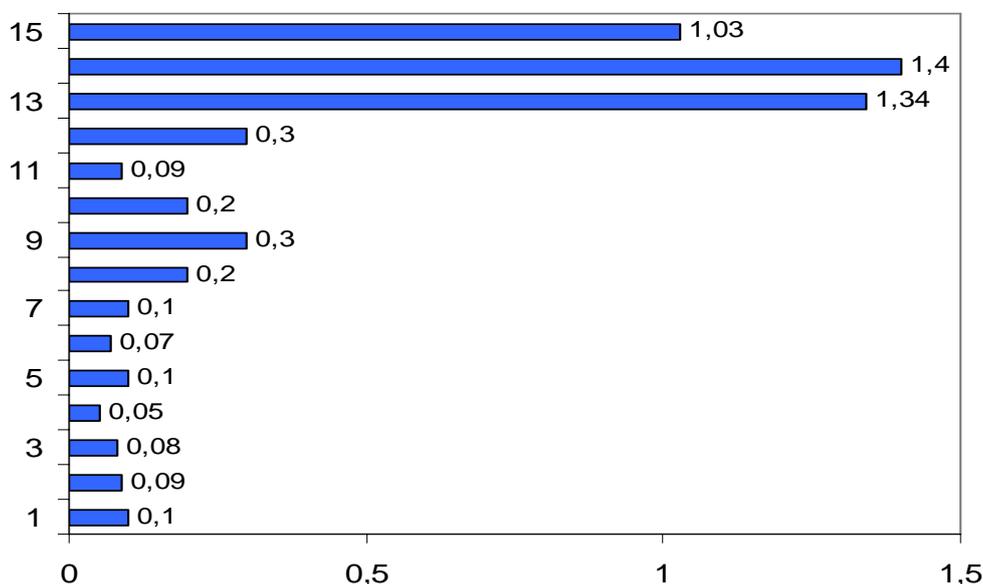


Fig : 90 Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli vis à vis ammonium (90/04)

Durant les cinq premières années d'observation, la **DBO<sub>5</sub>** au niveau des eaux de l'oued Guebli a diminuée d'une concentration de 26 à 8 mg/l, après on assiste à une augmentation jusqu'à 45 mg/l durant les trois années qui ont suivi, après cette période une nette baisse des concentrations est observée d'une valeur de 25 mg/l à 3.5 mg/l ce qui a permit l'amélioration de leur qualité (eau de bonne qualité). (Fig : 88).

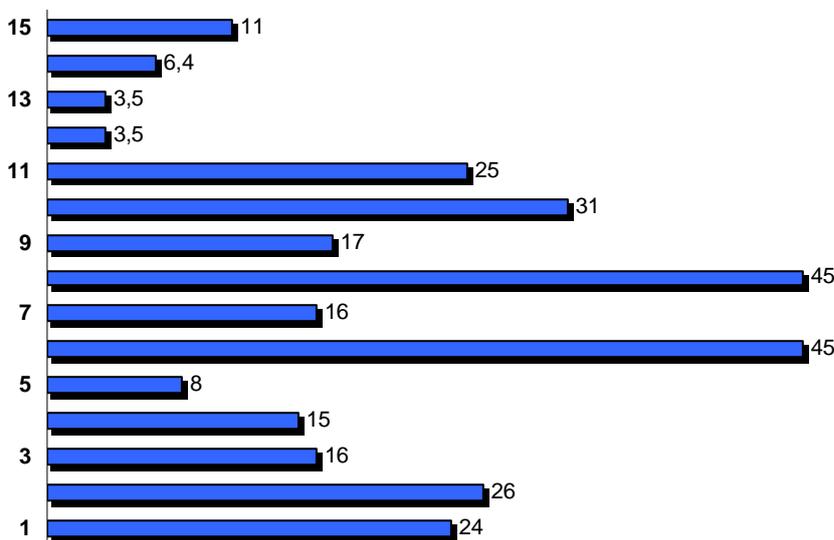


Fig : 91 Niveau d'altération des eaux de l'oued Guebli vis à vis DBO5 ( 90/04)

### VII.1.2.1 Classe de qualité et indice global des eaux de l'oued Guebli

Les paramètres étudiés (oxygène dissous, DBO<sub>5</sub> et ammonium) on révélés des indices qui ne dépassent pas la classe trois (3), classant ces eaux dans la catégorie de moyenne qualité, comme c'est montré sur la figure ci-dessous (figure : 89).

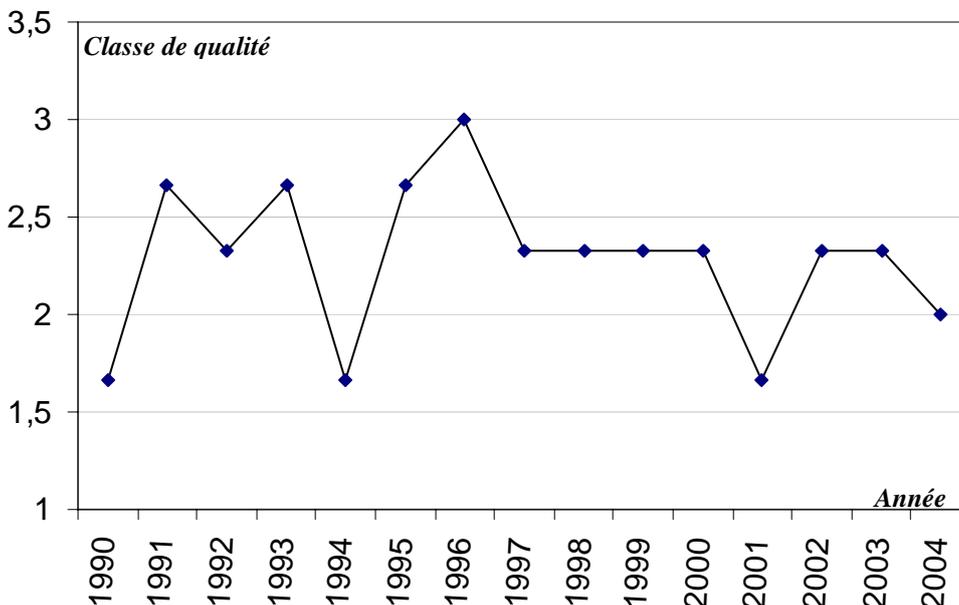


Fig : 92 Indice de pollution organique (Guebli 1990-2004)

Pour le calcul de l'indice global des eaux de l'oued Guebli, on utilise la formule de AZEN précédemment utilisée :

$$\text{Rang de l'indice global} = \text{arrondi de (nombre de valeur} \times 0.9) + 0.5$$

Pour une série de quinze prélèvements (15 années d'observation) on obtient :

$$\text{Rang} = \text{arrondi (15} \times 0.9) + 0.5 = 14$$

C'est donc la quatorzième valeur de la série classée par ordre décroissant, qui est prise comme indice global de la qualité des eaux de l'oued Guebli comme suit : (Fig : 90).

Après avoir classer les valeurs par ordre décroissant, il ressort que l'indice global des eaux de l'oued Guebli (sur une durée d'observation de 15 années), est de 46 %, ce qui les classent dans la catégorie de qualité moyenne.

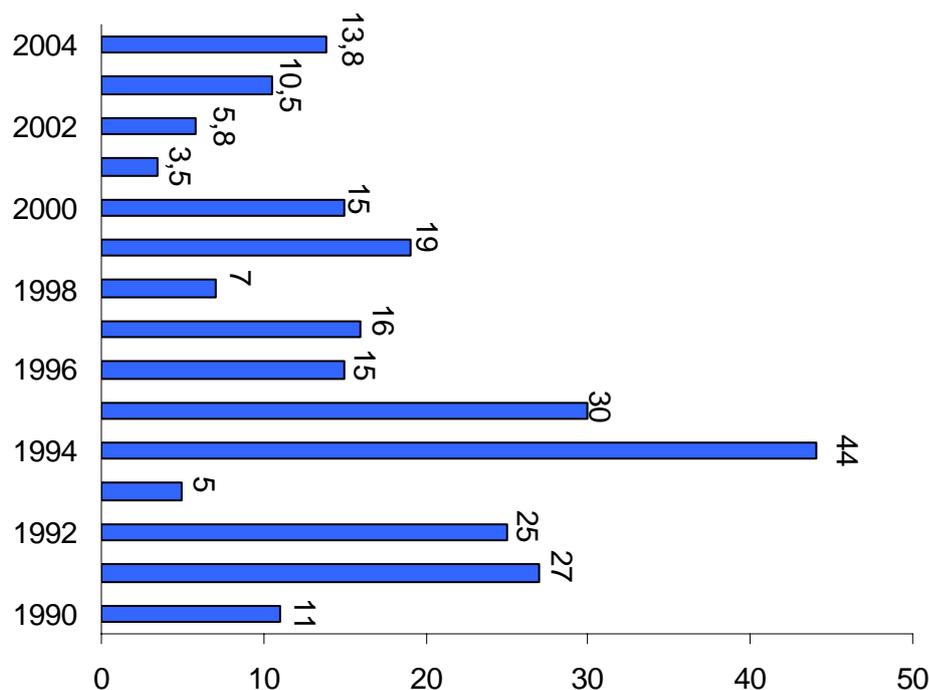
### VII.1.3. Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf :

Les eaux de l'oued Safsaf sont chargées en chlorures de sodium (Na Cl) c'est la conséquence de leurs trajet dans des grés et des conglomérats

La présence des fortes concentrations des bicarbonates de calcium et de sodium est due aux calcaires et aux calcaires argileux qui forment la partie aval de l'oued (station de Khemakhem).

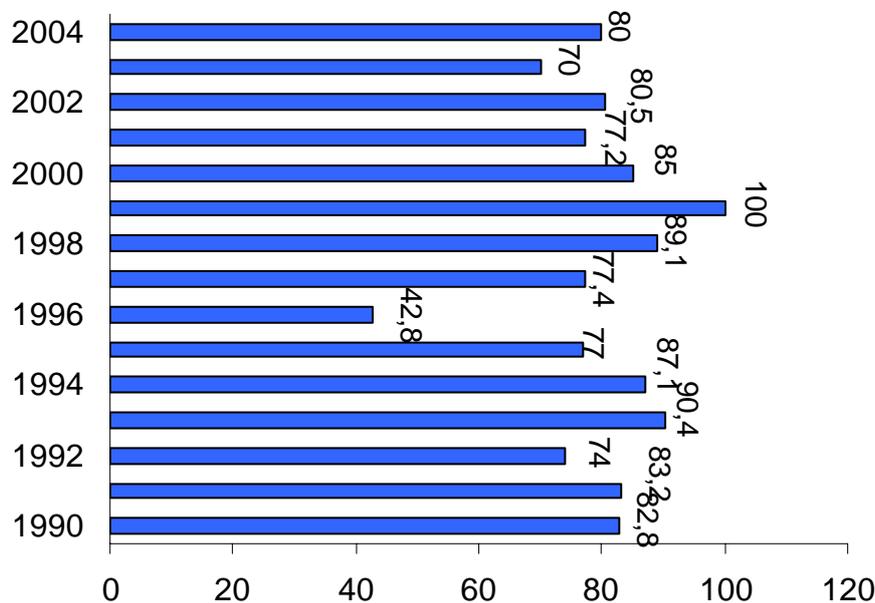
Le faciès chimique dominant des eaux de l'oued Safsaf d'après 15 ans d'observation est bicarbonaté calcique, un changement du faciès en bicarbonaté sodique est remarqué pendant seulement deux années.

Les concentrations en  $\text{DBO}_5$  (mg/l) dans les eaux de l'oued Safsaf ont atteint un maximal de 25 à 44 mg/l durant les premières années d'observation, a partir de l'année 1996, on assiste à une baisse de cette demande qui est aller jusqu'à 3.5 mg/l, ce qui a permit une amélioration de la qualité de ces eaux vis-à-vis le paramètre  $\text{DBO}_5$ . (Figure : 91 ci-dessous).



**Fig : 93 Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf vis à vis DBO( 90/04)**

D'une manière générale, les eaux de l'oued Safsaf sont moyennement saturés en oxygène dissous, avec un saturation maximale de 100 % durant l'année 1999, et une saturation minimale de 48 % durant l'année 1996 (Figure : 92 ci-dessous).



**Fig : 94 Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf vis à vis O<sub>2</sub>. ( 90/04)**

Les eaux de l'oued Safsaf sont moins chargées en ammonium que les eaux des oueds précédemment traités, les concentrations les plus élevées qui sont observées durant cette

période sont de l'ordre de 0 mg/l à 0.02 mg/l observées pendant les années (1991, 1993, 2003), par contre les plus élevées ne dépassent pas 0.16 mg/l observé durant l'année 1998.

Ces teneurs qui n'ont pas dépassé 05 mg/l, ont permis de classer ces eaux dans la catégorie de **très bonne qualité** (bleu) vis à vis l'ammonium. (figure : 93 ci-dessous).

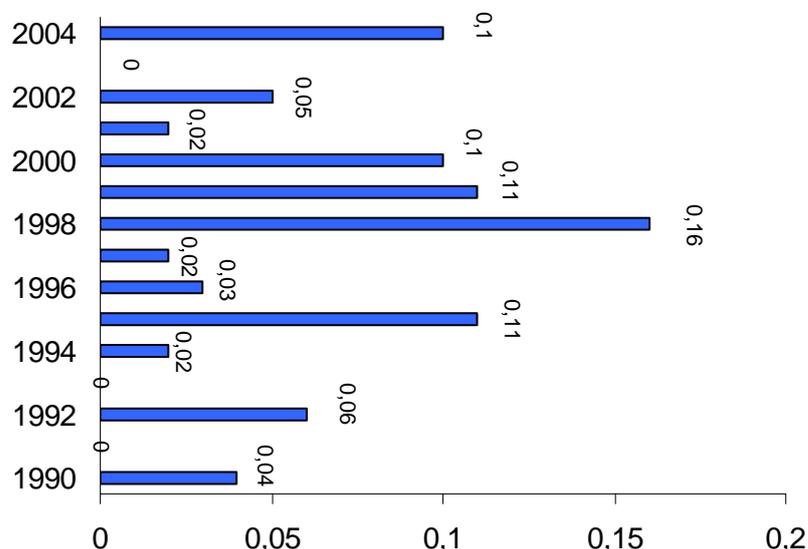


Fig : 95 Niveau d'altération des eaux de l'oued Safsaf vis à vis NH4 (90/04)

**VII.1.3.1 Classe de qualité et indice global des eaux de l'oued Safsaf :**

Les indices calculés pour chaque paramètre de la pollution par les matières organiques et oxydables, a permis de tracer la courbe finale regroupant les indices des trois paramètres comme c'est montré sur la figure ci-dessous (Figure :94).

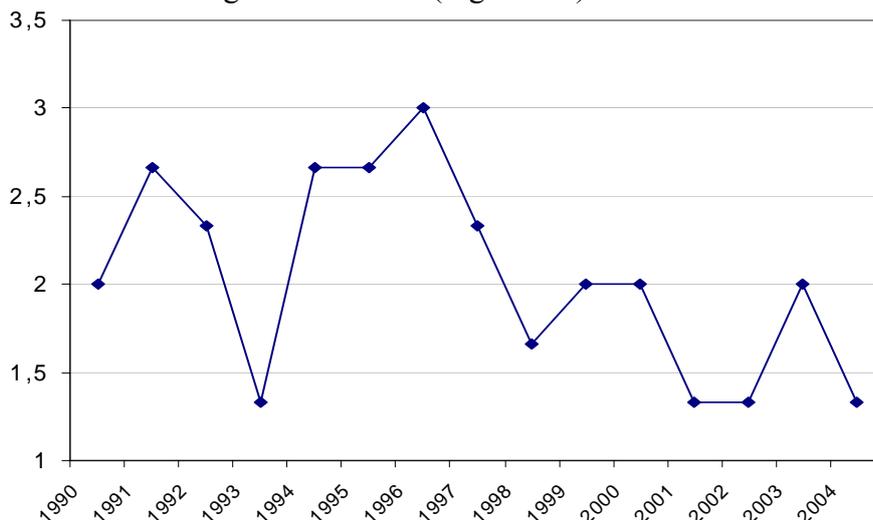


Fig : 96 Indice de pollution organique (Safsaf 1990-2004).

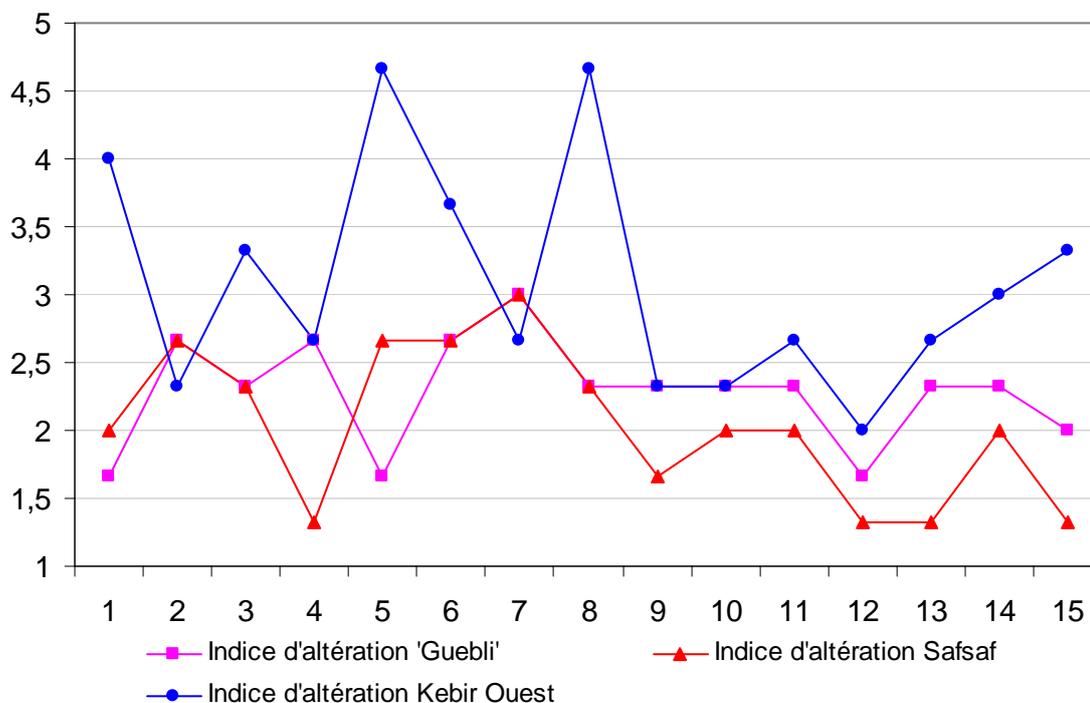
Ainsi, l'altération maximale regroupant les trois paramètres est atteinte durant l'année d'observation 1996, par ailleurs, les années les moins altérées sont 1993, 2001, 2002 et 2004.

Pour une série de 15 années d'observation, l'indice de qualité global des eaux de l'oued Safsaf est calculé comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Rang de l'indice global} &= \text{arrondi de (nombre de valeur} \times 0.9) + 0.5 \\ &= \text{arrondi (15} \times 0.9) + 0.5 = 14 \end{aligned}$$

D'après le résultat trouvé, on prend la 14<sup>ème</sup> valeur de la série des indices (%) classée par ordre décroissant comme étant l'indice global de la qualité des eaux de l'oued Safsaf comme c'est illustré sur les schémas qui suivent : (Fig : 95)

L'indice global trouvé de la qualité des eaux de l'oued Safsaf, qui correspond à la quatorzième valeur est 46 % ce qui classe ces eaux dans la troisième catégorie, classe de qualité moyenne: (jaune).



**Fig : 97 Indices de pollution organique des eaux des trois oueds de la région (1990/2004).**

Le graphique récapitulatif (Figure :96) des trois indices de pollution organique nous montre que les eaux les plus altérées par les matières organique sont celles de l'oued Kebir Ouest avec un indice de pollution organique proche de 5 qui est la valeur maximale correspondant à un indice de qualité global de 18 % ce qui confirme leurs grande altération (classe 5: rouge), suivi de l'oued Safsaf et Guebli avec un indice de qualité global de 46 % (qualité moyenne : jaune). La carte numéro 97 nous montre les indices de pollution organique des eaux des trois oueds de la région d'étude, et on remarque que l'oued Kebir Ouest est le plus pollué par rapport aux deux autre oueds.(Fig : 97).



#### **VII.1.4. Evolution des éléments chimiques dans les eaux des oueds :**

##### **VII.1.4.1. L'oued Kebir ouest :**

En examinant les diagrammes de l'évolution des différents éléments chimiques (Figure : 98) dans les eaux de l'oued **Kebir Ouest**, pendant une période de cinq années (200/2004), on peut constater que les teneurs sont moyennement basses variant de 17 à 20 mg/l concernant les nitrates.

Pour l'élément ammonium, on assiste à une augmentation des concentrations durant les trois dernières années d'observation (2002, 2003, 2004) variant d'une valeur minimale de 0.1 mg/l à une valeur maximale de 6.5 mg/l, pour ce qui est des nitrites, on assiste à une légère variation des concentrations de 0.11 mg/l à 0.66 mg/l au cours des cinq années d'observation.

##### **VII.1.4.2. L'oued Safsaf :**

L'évolution des concentrations des nitrates dans les eaux de l'oued Safsaf se fait d'une façon irrégulière, car on assiste à une légère baisse durant les trois dernières années d'observation, allant de 18 mg/l à 10 mg/l, les concentrations des nitrites sont moins importantes elles varient de 0.01 mg/l à 0.04 mg/l, ainsi que pour les concentrations de l'ammonium qui varient de 0 à 0.1 mg/l. (Fig : 99).

##### **VII.1.4.3. L'oued Guebli :**

Par rapport aux eaux de l'oued Kebir Ouest et celles de l'oued Safsaf les eaux de l'oued Guebli sont moins chargées en nitrites et ammonium pendant les cinq années d'observation, sauf pour les concentrations en nitrates où on assiste à une augmentation de 48 mg/l (au cours de l'année 2003 (Fig : 100).

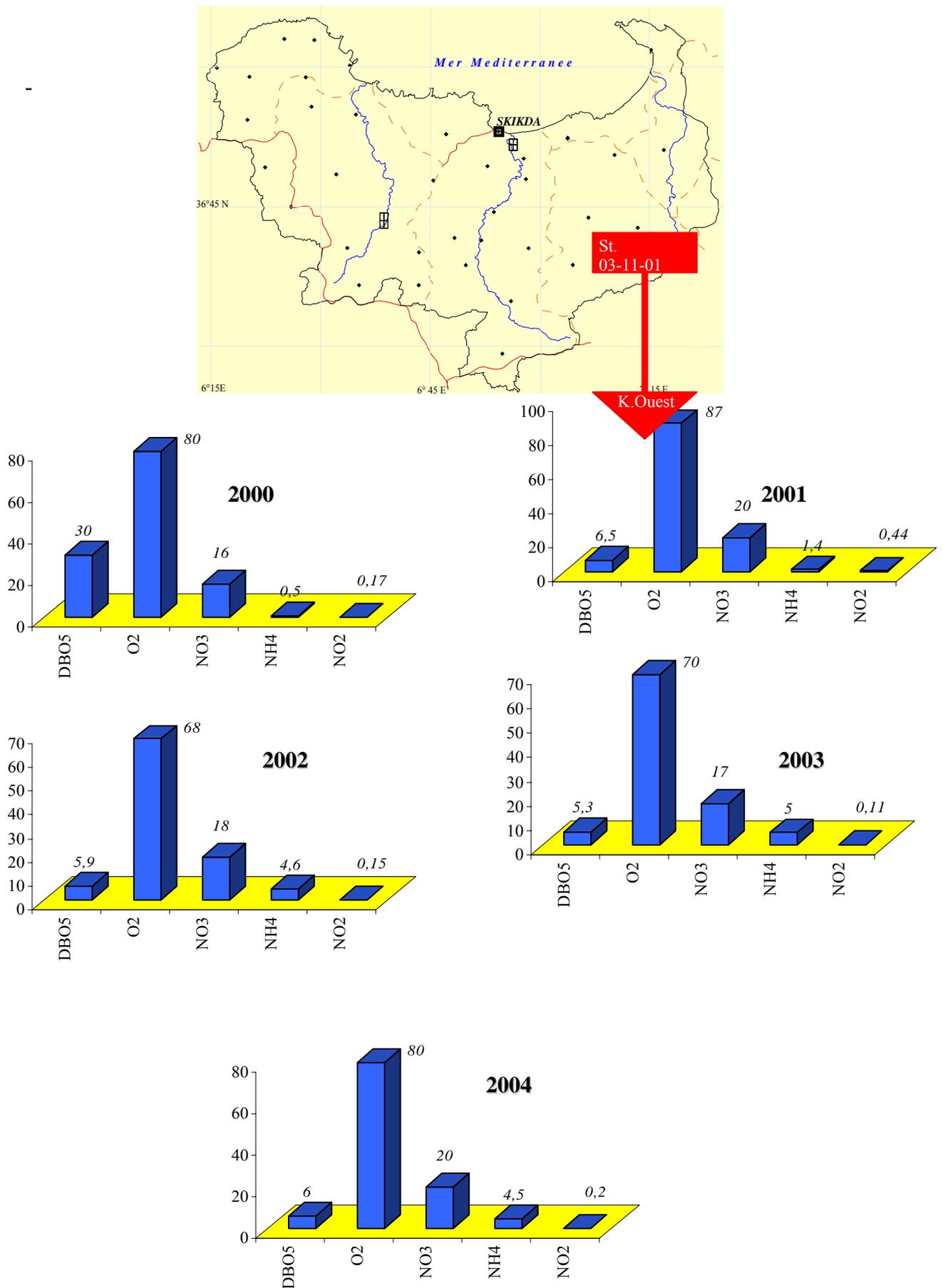


Fig : 99 – Variations des concentrations de quelques éléments en relation avec la qualité des eaux de l'Oued Kebir, dans le temps

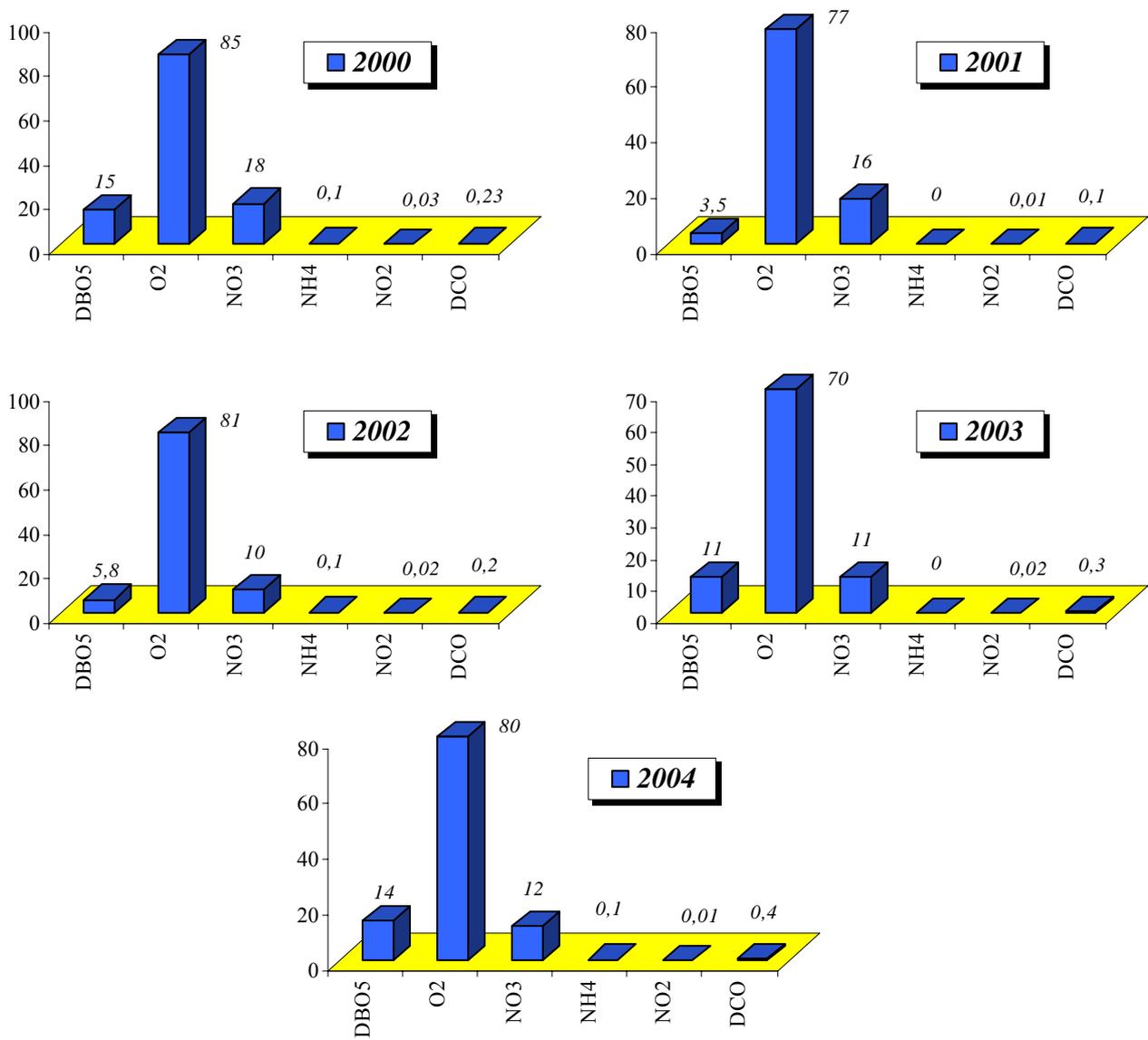
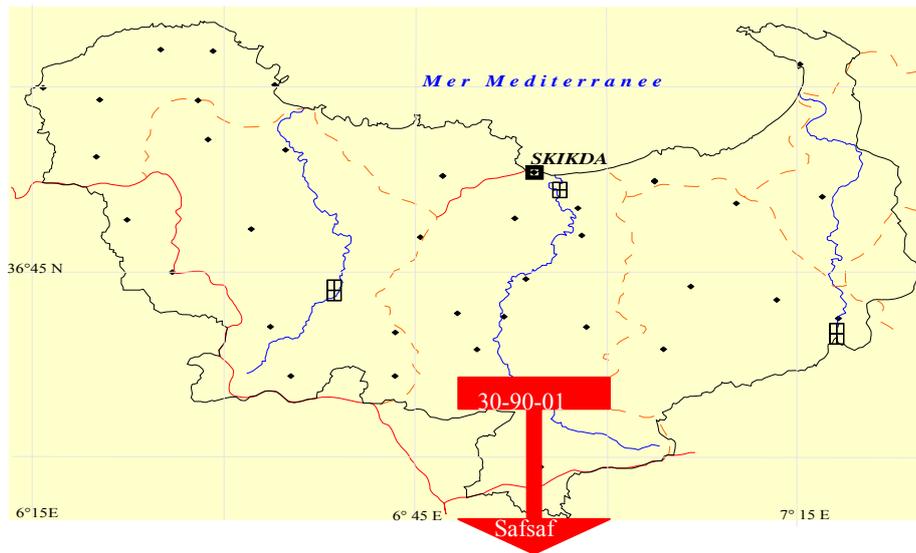


Fig : 100 – Variations des concentrations de quelques éléments en relation avec la qualité des eaux de l'Oued Safsaf, dans le temps

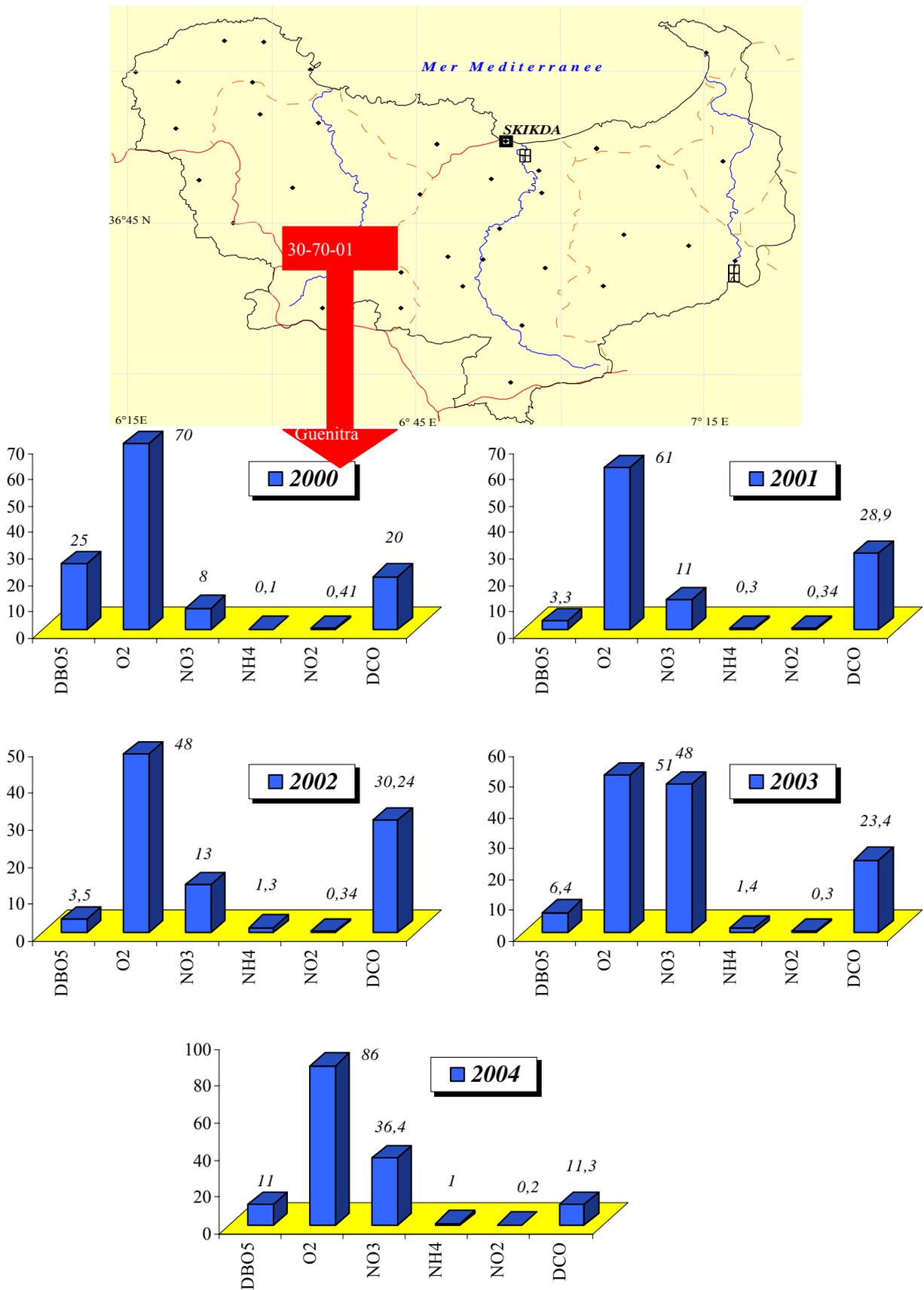


Fig : 101 – Variations des concentrations de quelques éléments en relation avec la qualité des eaux de l'Oued Guebli à la station de Guenitra, dans le temps

### VII.1.5. Evolution annuelle des sels minéraux dans les eaux des oueds

Cette altération est prise en compte pour le classement synthétique et pour les usages production d'eau potable et irrigation.

La minéralisation correspond à la quantité de sels minéraux contenus dans l'eau. Elle est évaluée à partir des paramètres suivants : chlorures, sulfates, dureté de l'eau, calcium, magnésium, potassium, sodium... La présence de minéraux dans les eaux souterraines est souvent d'origine naturelle (lithologie), mais en excès dans les eaux de surface, ils peuvent provenir de l'extérieur (invasion marine, rejets industriels et urbains).

Naturellement les eaux de surface sont moins chargées en sels minéraux que les eaux souterraines de la même région, la minéralisation globale des eaux de surface est variable en fonction des terrains, des rejets et des précipitations.

Les eaux de l'oued **Kebir Ouest** ont des teneurs moyennes en substances minérales cationiques (Ca, Mg, Na) avec des concentrations qui ne dépassent pas 100 mg/l.

Pour le cas du Potassium qui provient essentiellement des engrais les concentrations peuvent atteindre 10 mg/l.

La teneur en chlorures et en sulfates ne dépasse pas 200 mg/l.

La conductivité qui nous donne une idée sur la minéralisation générale de l'eau est variable de 900 à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Les eaux de l'oued **Guebli** et **Safsaf** ont une conductivité moyenne de 400 à 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ce qui traduit une faible minéralisation par rapport aux eaux de l'oued Kebir Ouest.

Les concentrations en substances minérales cationiques sont aussi faibles elles ne dépassent pas 70 mg/l pour le Ca, 45mg/l pour Na, 40 mg/l pour Mg et de 3 à 5 mg/l pour le potassium (K).

Les teneurs en chlorures sont faibles avec des concentrations qui varient de 10 à 40 mg/l, pour le cas des sulfates leurs teneurs sont plus élevées que dans les eaux de l'oued Kebir Ouest elles peuvent atteindre 150 mg/l.

### **VII.1.6. Evolution annuelle des particules en suspension :**

L'altération est définie par la turbidité (l'aspect trouble de l'eau), elle-même liée soit à la présence de fer et manganèse, qui peut être une altération à elle seule, soit à la présence de matières en suspension (MES).

Ces matières en suspension, constituées de micro particules (argiles, plancton...) proviennent le plus souvent des eaux de ruissellement.

D'une manière générale les eaux des trois oueds sont troubles avec une turbidité qui dépasse 10 NTU dans les eaux du **Safsaf** et **Guebli** et peut atteindre 30 NTU dans les eaux de l'oued **Kebir Ouest**.

Cette augmentation est due d'une part à la présence des particules en suspension (argiles...) avec des valeurs de 20 à 160 mg/l, 20 à 100 mg/l, 10 à 120 mg/l respectivement et d'autre part à la présence du fer et du manganèse avec des concentrations du fer qui peuvent atteindre 1.50 mg/l et le Mn de 0.10 à 0.50 mg/l.

Dans les eaux des deux premiers oueds (Safsaf et Guebli) les concentrations du fer et du manganèse sont très faibles voir nulles.

### **VII.2. Qualité des eaux souterraines :**

Pour cette étude de synthèse, et par manque de d'analyse récente couvrant la totalité du terrain d'étude, on a eu recours à des études anciennes qui ont été réalisées dans la région, ces dernières seront comparées avec des études plus récentes pour évaluer d'une meilleure façon le changement de la qualité de l'eau au cours des années. (Le terrain d'étude est subdivisé en région, et cela en fonction de la disponibilité de données) :

- Le massif dunaire de Guerbez.
- La plaine de Azzaba.
- La vallée de Safsaf et Zeramna.

Pour une meilleure vision et une meilleure identification des faciès et de l'aspect qualitatif des eaux souterraines et de surface, ainsi que l'évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse, reste un outil incontournable.

Dans ce but, nous avons entrepris, dans notre cas cette démarche et choisi des diagrammes de représentation tels que celui de Schoeller-Berkaloff et Piper, afin de mieux cerner les particularités des eaux étudiées (102, 103)..

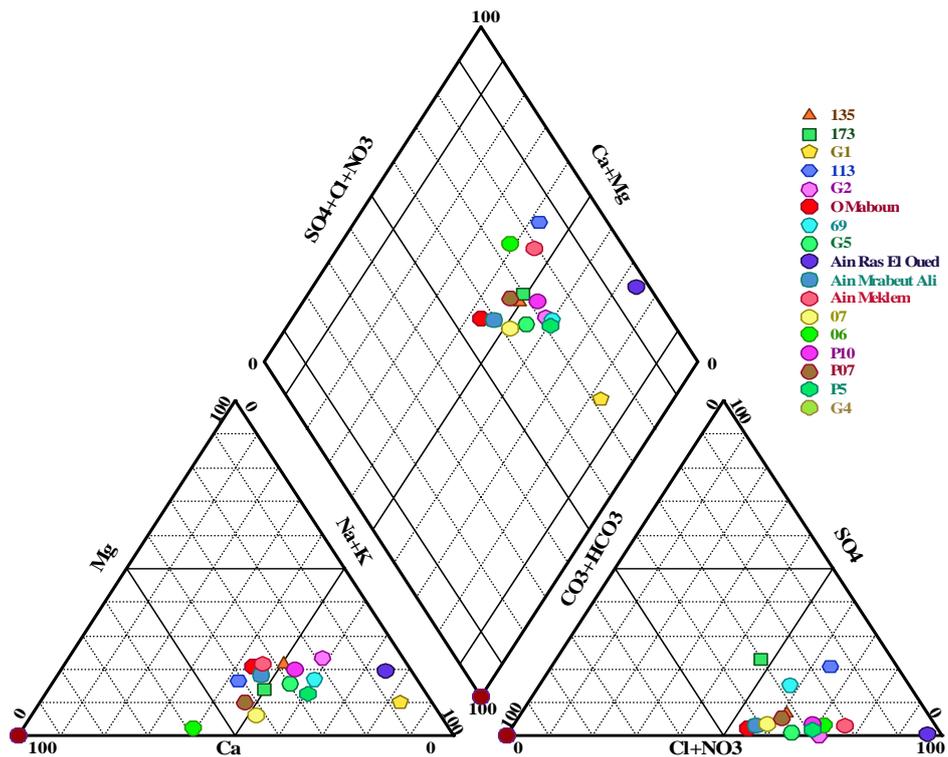


Fig : 102 - Diagramme de Piper: Massif dunaire de Gurbes. 2001

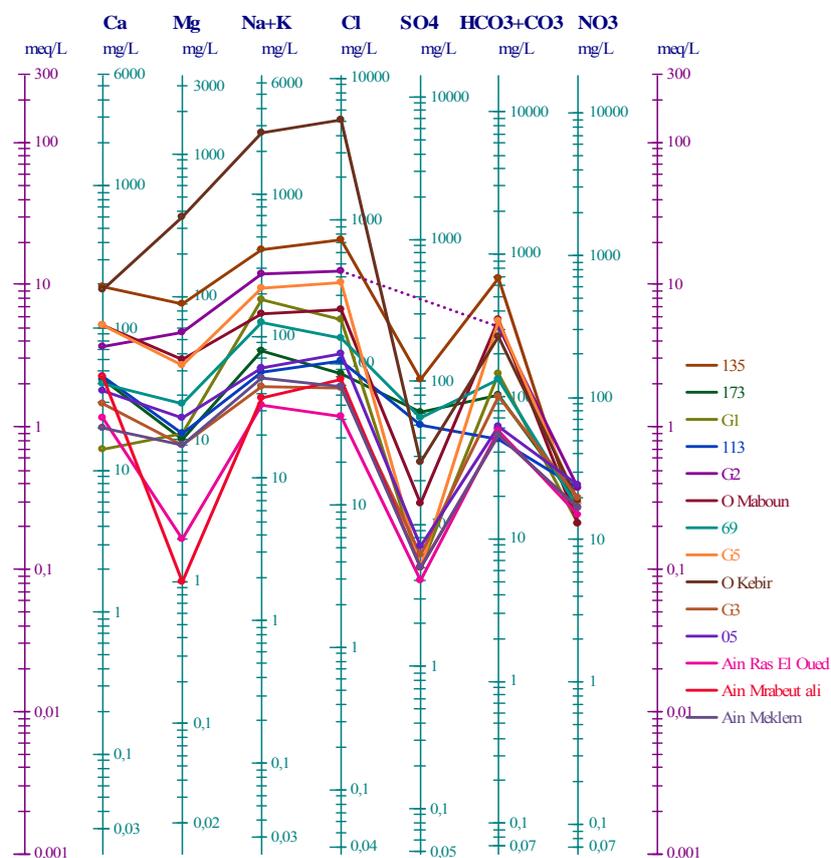


Fig : 103 Diagramme de Scholler-Berkaloff. Massif dunaire de Gurbes. 2001

### VII.2.1. Le massif dunaire de Guerbez

Une étude a été effectuée sur le massif dunaire de Guerbez, (M R Bacha et D Boutefnouchet 1988) qui a traitée la qualité des eaux souterraines et les eaux de l'oued Kebir Ouest (analyses effectuées sur 90 puits).

Elle a déterminée un faciès chimique dominant bicarbonaté calcique en période des hautes eaux provenant certainement des formations de la chaîne calcaire de Djebel Safia (calcaire du Miocène inférieur), et chloruré sodique en période des basses eaux qui peut s'expliquer par l'enrichissement par les chlorures après leurs passage par des formations telles que alluvions et sables.

La carte établie sur l'évolution des chlorures dans les eaux de la zone a permis de déceler trois zones suivant l'importance des concentrations :

1. la zone de l'Est, ou les concentrations varient de 50 à 150 mg/l.
2. la zone Ouest, ou les concentrations peuvent atteindre 250 mg/l.
3. la zone Sud ou les concentrations sont plus élevées allant jusqu'à 400 mg/l.

La carte d'isochlore établie par Lakhel, 87 (Fig : 104) a révélée l'existence de deux zones à forte concentration en chlorure, la première dans la plaine de Sidi Lakhder, qui est proche de la mer, la deuxième se trouvant plus bas, avec des teneurs plus élevées que dans la première zone, ce qui laisse à supposer que l'hypothèse de l'influence de la mer est à rejeter.

Par ailleurs, le diagramme établi des chlorures en fonction de la distance de la mer a démontré que les teneurs en chlorures diminués à fur et mesure qu l'on s'éloigne de la mer.

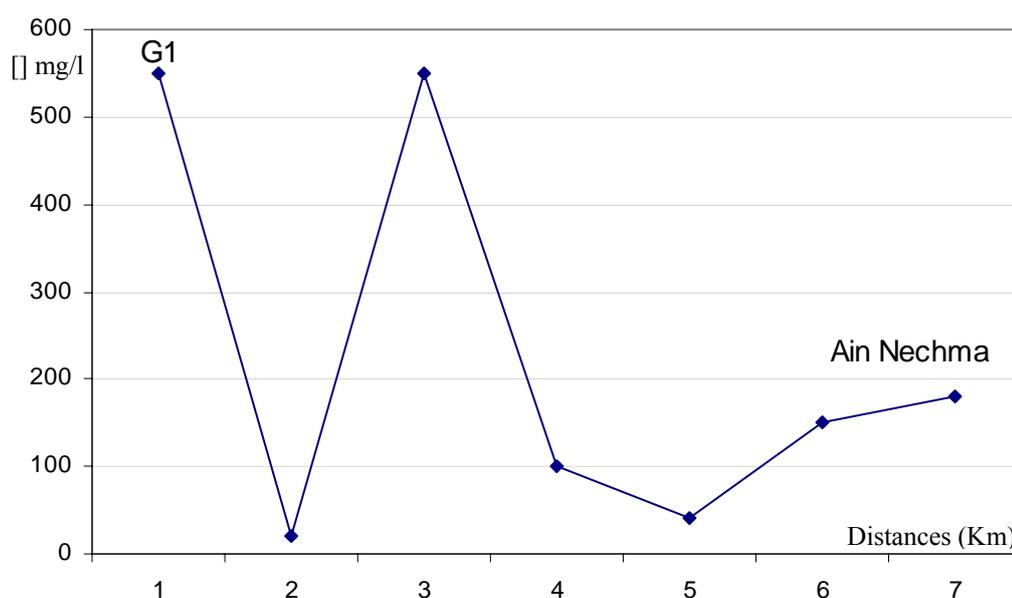


Fig : 104 Evolution des chlorures en fonction de la distance à la mer (1988).

Une troisième étude (M Chaouki, 2004), a décelée que le faciès dominant est toujours bicarbonaté calcique et chloruré sodique dans la plus part des points d'eau indiquant ainsi, qu'il n y a pas eu de changement de faciès au cours du temps (16 années d'intervalle).

Par ailleurs, les concentrations des chlorures dans les eaux souterraines de la région ont augmenté (670 et 770 mg/l dans certains points d'eau), cette augmentation est probablement d'origine lithologique (naturelle) ou pollution de surface, car l'hypothèse d'une invasion marine est à exclure, car une etude récente a démontré cela. (Fig : 105, 106).

L'établissement de la carte de vulnérabilité a permit la localisation des zones sensible à la pollution, elle repose sur le calcul d'un indice de contamination des eaux correspondant à cinq classes d'altération (M.Chaouki, 2004). (Fig : 105).

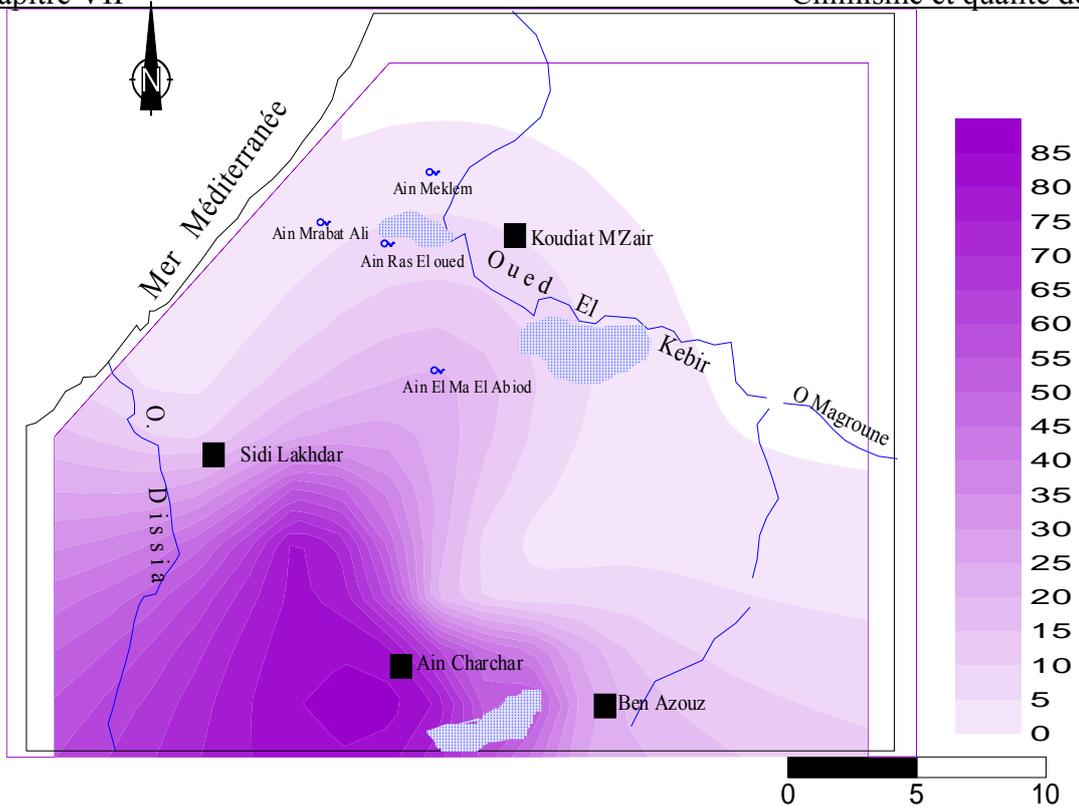
Les paramètres utilisés pour le calcul de l'indice de contamination des eaux de la nappe du massif dunaire sont :  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , CL, Na+K.

On remarque que les zones les plus vulnérables à la pollution sont celles avec un indice de contamination le plus élevé localisées comme c'est montré sur la carte qui suit (Figures : 106, 107).

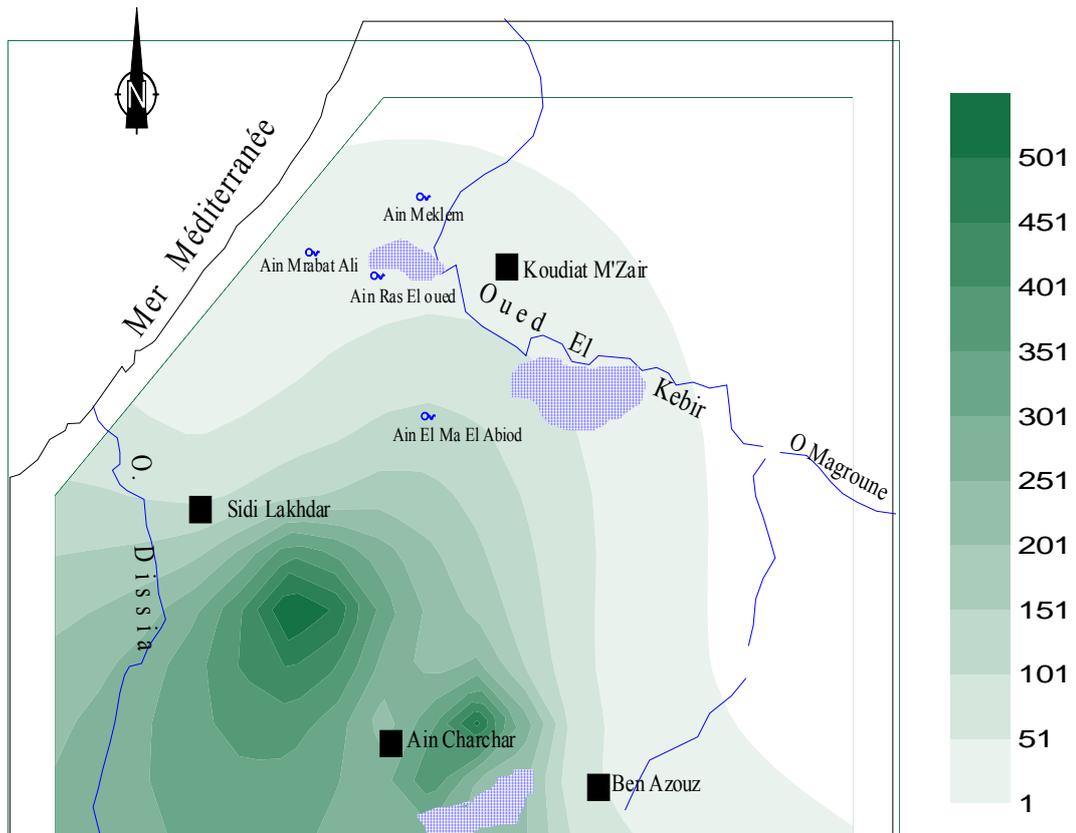
Les différentes zones de vulnérabilité à la pollution sont :

1. zone à forte vulnérabilité au sud de Sidi Lakhdar et Ain Charchar ( $12 < I_c < 14$ ).
2. une zone à moyenne vulnérabilité qui correspond à presque toute la région avec un indice de ( $8 < I_c < 12$ ).
3. une zone à faible vulnérabilité qui correspond à la région Ouest de Guerbez ( $I_c < 8$ ).

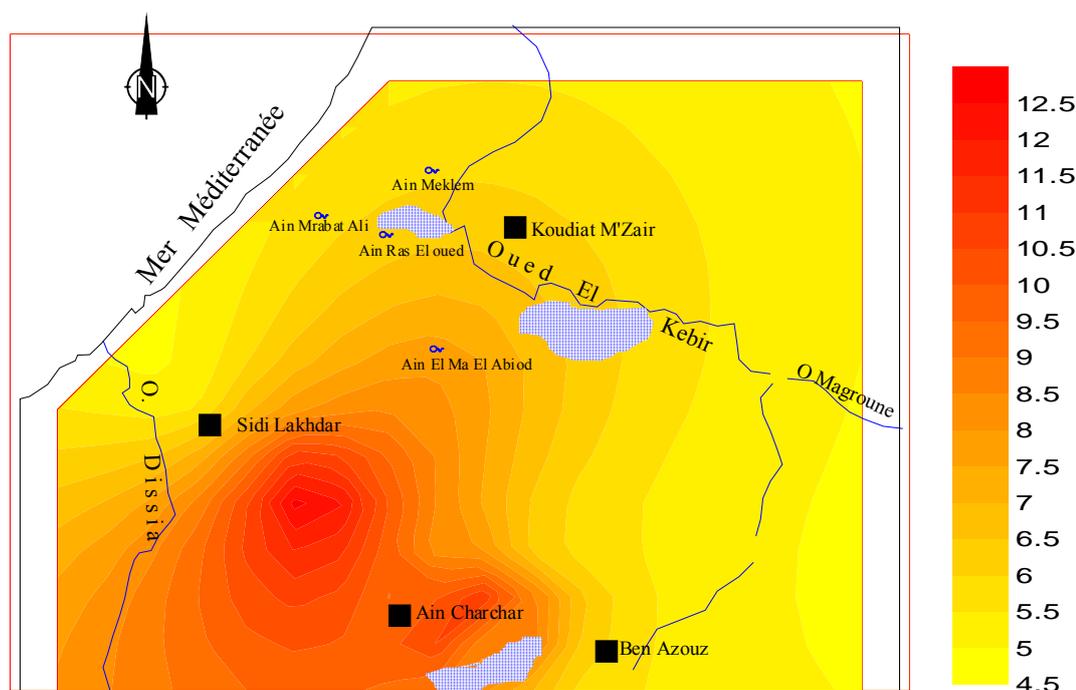
La grande vulnérabilité de la région de Sidi Lakhdar est due à la porosité de son sol qui est de 40.80 %. (Fig : 107).



**Fig : 105** Carte des sulfates (Avril 2002). (Chaouki, 2004).



**Fig : 106** Carte des chlorures (Avril 2002). (Chaouki, 2004).



**Fig : 107** Carte de l'indice de contamination des eaux souterraines du massif dunaire de Guerbez (2004) par les nitrates, les sulfates et les chlorures. (Chaouki, 2004).

### VII.2.2. Les eaux de la plaine de Azzaba

En 1988 une étude a été effectuée au niveau de la plaine de Azzaba (Boutella et Maaziz, 88), qui a décelé pour les eaux de forages un faciès chimique dominant (bicarbonaté sodique, chloruré sodique) en période de hautes eaux, et sulfaté sodique à bicarbonaté sodique en période de basses eaux.

L'origine de ces éléments est due essentiellement à la lithologie du terrain, sachant qu'il est composé d'argile numidienne et des formations calcaires.

Sur les 28 échantillons fiables pris pour cette étude, ils ont trouvé que la concentration en sels dissous (résidu sec) sont beaucoup plus élevés en période de basse eaux qu'en celle des hautes eaux (3820 à 57 mg/l en période de basse eaux et 1928 à 370 mg/l en période de haute eaux), ce qui explique le phénomène de dilution en période de hautes eaux. Du point de vue dureté, ces eaux sont classées de dures à très dures (selon les normes de l'OMS), avec un titre hydrotimétrique qui dépasse parfois 30<sup>0</sup> F dans certains points.

Les résultats d'analyses concernent une dizaine de forage dans la plaine de Azzaba (1994/2003), qui sont supposés refléter le chimisme de l'unité hydrographique de la plaine de Azzaba (en raison du manque de donnée sur tous les forages).

D'après les résultats recueillis, le faciès chimique dominant des eaux est bicarbonaté calcique durant une dizaine d'année.

#### VII.2.2.1 Evolution annuelle des nitrates dans les eaux de la plaine de Azzaba:

L'évolution annuelle des nitrates dans les eaux de la plaine de Azzaba se fait d'une façon irrégulière, et avec des concentrations qui dépassent les normes de potabilité des eaux de l'OMS.

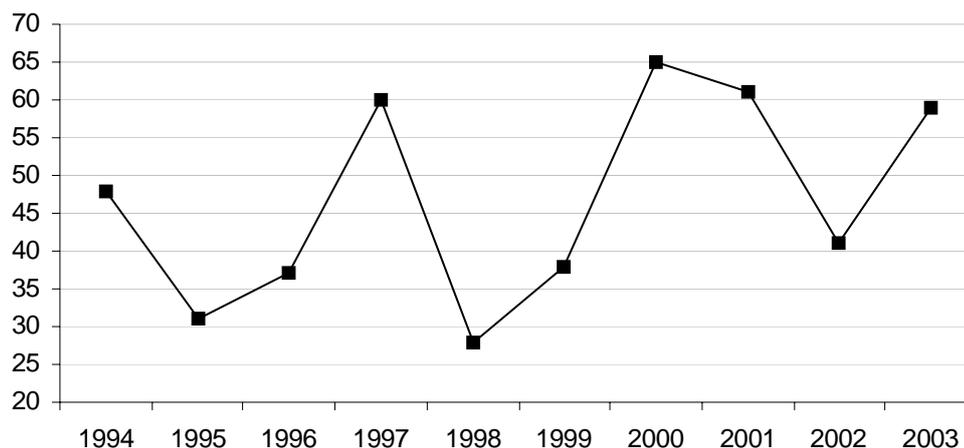
Dans le tableau ci-dessous l'altération des eaux souterraines par les nitrates est résumée comme suit :

Degrés d'altération	Valeur (mg/l)
Composition naturelle	< 10 mg/l
Composition proche de l'état naturel	10 à 20 mg/l
Dégradation significative	20 à 40 mg/l
Dégradation importante	40 à 50 mg/l
Dégradation très importante	> 50 mg/l

**Tab : 47 -Altération des eaux souterraines par les nitrates (No<sub>3</sub>) en mg/ l (Qualité de l'eau et l'assainissement en France 2002-2003).**

En se referant au (tab : 47) les concentrations des nitrates dans les eaux de la plaine de Azzaba sont très importantes, elles sont classées dans la catégorie d'une dégradation importante, ce qui a conduit au mélange de ces eaux avec celles moins chargées en nitrates (eau de barrage) avant la distribution.

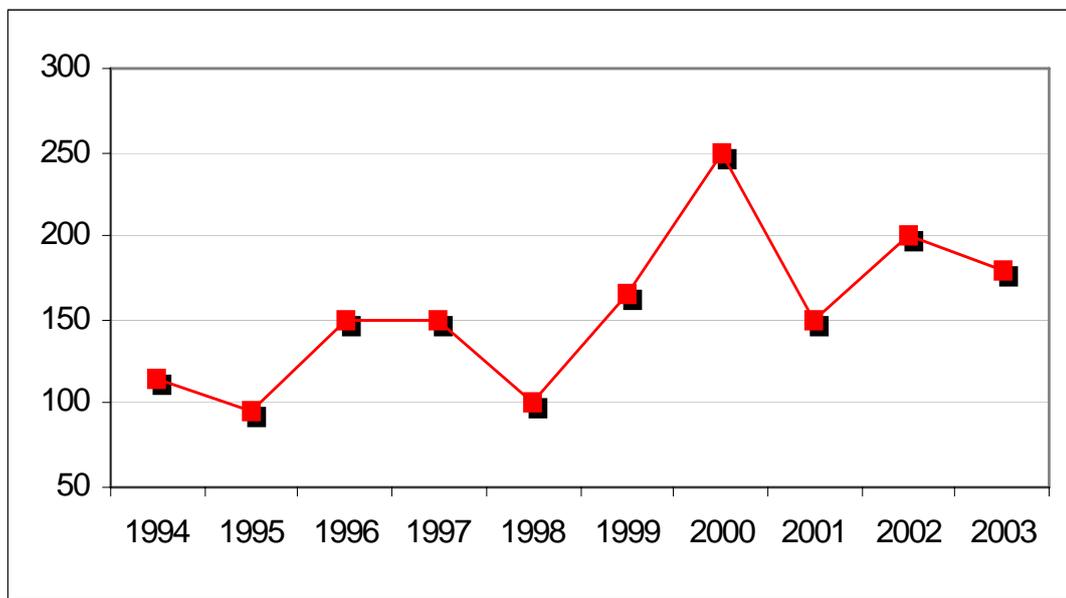
La plus faible concentration des nitrates est observée durant l'année 1998 d'une valeur de 28 mg/l, après cette année une augmentation des concentrations est observé atteignant une valeur de 65 mg/l pour l'année 2000 (figure : 108).



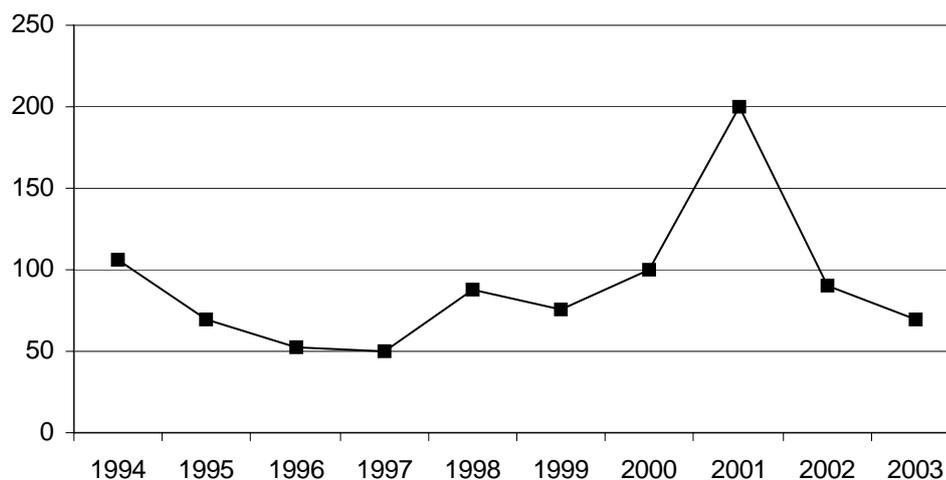
**Fig : 108 Evolution annuelle des nitrates dans les eaux de plaine de Azzaba (1994-2003).**

#### VII.2.2.2 Evolution annuelle des chlorures et des sulfates

Les sels minéraux tels que les sulfates et les chlorures dans les eaux de la plaine de Azzaba ont des concentrations maximale et minimale comprises entre 95 mg/l à 250 mg/l et de 50 à 200 mg/l respectivement (Figure : 109, 110).



**Fig : 109 Evolution annuelle des chlorures dans les eaux de plaine de Azzaba (1994-2003).**



**Fig : 110 Evolution annuelle des sulfates dans les eaux de plaine de Azzaba (1994-2003).**

### VII.2.3 Les eaux de La vallée du Safsaf (oued Safsaf et Zeramna) :

Du point de vue caractéristiques chimiques des eaux de la région, l'étude de (Mehali et Al, 1991), a démontrée que généralement les eaux sont sulfate calcique en période de basses eaux (Ca : 100 mg/l et  $SO_4$  : 290 mg/l), ces concentrations diminues en période hivernale (Ca : 80 mg/l et  $SO_4$  : 145 mg/l), qui est du essentiellement a la dilution par les eaux de pluies.

Pour cette partie de la zone d'étude, la méthode DRASTIC est appliquée dans le but de l'évaluation du risque de pollution et par la suite, l'identification des zones à haut risque de contamination.(Alazayza F et Mechtouf A, 2002).

Cette méthode repose sur la superposition de 7 cartes relatives aux paramètres :

- Profondeur de la nappe.
- Recharge efficace.
- Milieu aquifère.
- Type du sol.
- Pente du terrain.
- Impact de la zone non saturée.
- Conductivité.

Qui vers la fin aboutira à la réalisation d'une carte unique de vulnérabilité, montrant le degré de pollution des diverses zones du terrain d'étude.

Selon la méthodologie DRASTIC, trois classes de vulnérabilité sont définies :



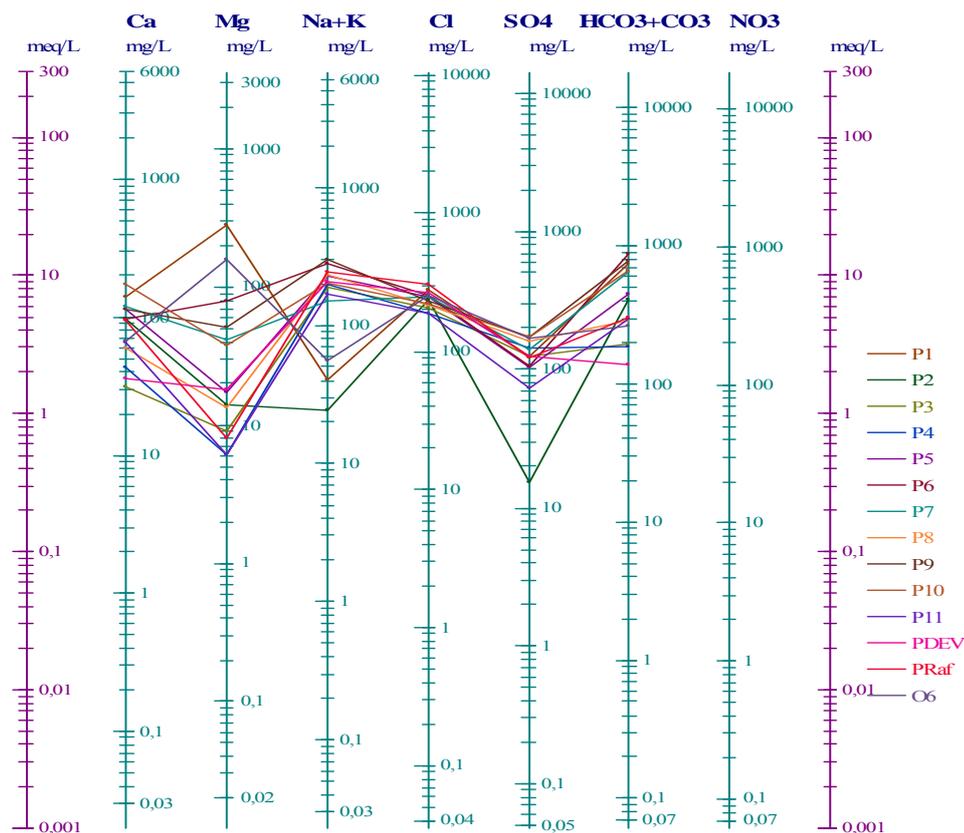


Fig : 112 - Diagramme de Scholler-Berkalof. Plaine de Skikda. 2004/05

### VII.2.3.1 Evolution des éléments chimiques :

L'ion **calcium** qui provient essentiellement de l'attaque et du lessivage des formations carbonatées, a des concentrations qui varient d'un minimum de 25 mg/l à un maximum de 300 mg/l dans les eaux des différents points d'observation (massifs calcaires de Filfila, Djebel Rhedir).

Les concentrations de l'ion du **magnésium** sont moins importantes que celles du calcium, ces valeurs oscillent entre un minimum de 10 mg/l et un maximum de 200 mg/l, il provient essentiellement du lessivage des calcaires dolomitiques et des formations argileuses des flyschs.

La majorité des eaux de la plaine ont des teneurs élevées en **sodium**, qui peut être du d'une part, à la nature lithologique des terrains (les argiles et roches métamorphiques) et d'autre part, à l'influence marine (aquifère côtier).

Les teneurs en ion **Chlorures** sont plus ou moins importantes, qui provient des rejets des eaux usées d'origine industrielle ou domestique ainsi que l'invasion marine, les

concentrations sont comprises entre 200 et 300 mg/l, elles sont plus fortes dans la partie centrale du secteur d'étude ainsi que la partie Nord approximé de la mer ce qui peut expliquer l'invasion des eaux de mer.

Les **sulfates** sont plus importants dans la partie Nord de la plaine, ce qui peut s'expliquer par les rejets du H<sub>2</sub>S par les hydrocarbures et à la proximité de la mer, ajoutant à cela, le lessivage des terres agricoles (engrais chimiques).

Les valeurs des **bicarbonates** dans le secteur d'étude sont comprises entre un maximum de 868 mg/l et un minimum de 136 mg/l, les valeurs les plus importantes sont observées dans la partie Sud Est de la plaine, cela peut être expliqué par l'existence des formations bicarbonatées. (Fig : 111, 112).

### **Conclusion :**

Au cours de leurs trajets à travers les formations les eaux des oueds se chargent d'éléments chimiques issus des différents terrains traversés.

D'une manière générale les eaux de l'Oued **Guebli** et **Safsaf** dans la wilaya de Skikda sont de bonne à moyenne qualité vis à vis les matières azotées et les phosphates dont les concentrations n'ont pas dépassées les normes ainsi que pour la DCO, DBO et la saturation en oxygène.

Tandis que pour les eaux de l'oued **Kebir Ouest** leur qualité est classée médiocre vis-à-vis les teneurs en nitrate, ammonium, DBO<sub>5</sub> ou les teneurs ont dépassé les normes.

Pour les matières en suspensions elles sont abondantes que dans les eaux de l'oued **kebir Ouest** avec des teneurs de l'ordre de 120 mg/l ajoutant à cela la présence de fer et du manganèse à des concentrations qui varient de 0.10 à 0.50 mg/l.

Concernant les eaux souterraines et principalement celles de la région de Azzaba, elles sont de qualité médiocre vis-à-vis les nitrates avec des concentrations qui dépassent par fois 60 mg/l. Les eaux de la plaine de Skikda sont moins chargées en nitrates elles sont de moyenne qualité.

Les eaux de la région du massif dunaire de Guerbez sont considérées comme mauvaise vis-à-vis la forte concentration en Na Cl.

*Conclusion generale*

## Recommandations

Pour la gestion appropriée et l'utilisation adéquate de la ressource, il est indispensable de suivre les recommandations suivantes :

- L'implantation des piézomètres pour le calcul du coefficient d'emmagasinement, qui peut nous renseigner sur la fonction capacitive du réservoir, pour mieux gérer cette ressource.
- L'implantation de plus de forages surtout dans le bassin de l'oued Guebli, pour l'augmentation du potentiel hydrique de la région.
- Effectuer plus de prélèvements réguliers et représentatifs pour le contrôle de la qualité de ces eaux et de toucher par ces analyses tout les paramètres possible.
- Remédier au problème de l'invasion marine par l'exploitation raisonnable (éviter la surexploitation), car la construction de murs jouant le rôle de barrière contre les eaux salées coûtera cher.
- Traitement des eaux usées (d'origine industrielle) avant de les rejeter dans les oueds
- L'utilisation de nouvelles méthodes d'irrigation (goutte à goutte) pour éviter le lessivage des sols et économiser l'eau.
- Remédier au problème de l'envasement des barrages, qui cause une diminution de leurs capacités de presque 25 %, ce qui a amené à une baisse considérable de la ressource superficielle.
- L'installation d'autre stations de dessalement de l'eau de mer pour une augmentation de la ressource.
- Revoir les techniques d'épandage des engrais, qui sont la seule source de pollution des eaux par les nitrates et les phosphates.
- Résoudre le problème de la non-conformité de l'utilisation des réseaux d'alimentation en eau potable et ceux de l'assainissement (phénomène des connexions croisées), ce qui explique la persistance des maladies à transmission hydrique.
- Résoudre le problème des conduites défectueuses (états vétuste et installation inadéquate), qui cause les fuites rarement signalées aux responsables.
- Enfin, pour une meilleure gestion de la ressource du point de vue quantitatif et qualitatif, l'information et la sensibilisation des utilisateurs et des gestionnaires de l'eau sont indispensables pour l'économiser et la protéger.

## Conclusion générale

La présente étude intitulée état actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (bilan qualité pollution) vise deux principaux objectifs ; le premier est celui de l'estimation approximative des ressources en eaux (superficielles et souterraines) et leurs utilisations dans les divers secteurs dans la wilaya, le second est celui de l'évolution de la qualité des eaux de la région au cours des années.

Une partie de cette étude a fait apparaître que le sol de la zone d'étude est en grande partie formée de terrains imperméables favorisant ainsi les écoulements superficiels ce qui a permis l'abondance des eaux de surfaces vis-à-vis les eaux souterraines. Les différents oueds de la wilaya de Skikda charrient un total approximatif de  $1070 \text{ Mm}^3/\text{an}$ , les barrages mobilisent annuellement un volume de  $292 \text{ Mm}^3$ , les retenues collinaires mobilisent près de  $2 \text{ Mm}^3$  annuellement.

L'étude des précipitations a montré que la zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec une saison sèche et une autre humide dont les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de  $700 \text{ mm/an}$  dans les plaines et  $1200 \text{ mm/an}$  sur les zones montagneuses, avec une moyenne sur toute la zone de  $664 \text{ mm/an}$ .

L'évapotranspiration moyenne calculée est de l'ordre de  $345 \text{ mm/an}$ , le ruissellement moyen est estimé à  $100 \text{ mm/an}$  et l'infiltration est de  $150 \text{ mm/an}$ .

Le sous-sol de la région est pourvu de nappes aquifères de capacité différentes d'une région à l'autre, les plus importantes sont celles des alluvions situées dans les différentes plaines (Safsaf, Kebir ouest, Tamalous, Collo).

La carte de l'extension des nappes est établie selon les coupes de forages disponibles, montrant leur extension latérale le long des principaux oueds de la région.

Le volume d'eau estimé des principales nappes souterraines est de  $59 \text{ Mm}^3/\text{an}$  avec la mobilisation d'un totale de  $32 \text{ Mm}^3$  (2005) pour un volume distribué de  $14 \text{ Mm}^3$  avec une dotation moyenne de  $150 \text{ l/j/hab}$ . Le taux de perte (sur réseau) est estimé à 20 - 40 %.

Les quatre barrages de la région mobilisent près de  $292 \text{ Mm}^3$  par année dont  $49 \text{ Mm}^3$  est distribué pour l'AEP, l'évapotranspiration est estimée à près de  $21 \text{ Mm}^3$  et les fuites sont d'environ  $1.91 \text{ Mm}^3$ .

L'étude du chimisme des eaux de la région a démontrée un faciès chimique différents d'une zone à l'autre, chloruré sodique dans les eaux du massif dunaire de Guerbez, chlorure sodique a bicarbonaté sodique dans les eaux de plaine de Azzaba et chloruré sodique à chloruré calcique pour les eaux de la plaine de Safsaf.

Les eaux de surfaces (Kebir Ouest, Safsaf et Guebli) ont un faciès chimique identique qui est bicarbonaté sodique à bicarbonaté calcique.

Après l'étude d'altération organique des eaux de surfaces (oueds), il s'est avéré que les eaux de l'oued Safsaf et Guebli sont de qualité moyenne et les eaux de l'oued Kebir Ouest sont de mauvaise qualité.

La qualité des eaux souterraines de la région d'étude est menacée par le taux de Na Cl très élevé surtout dans les eaux des aquifères côtiers tel que l'aquifère de Skikda et les eaux du massif dunaire de Guerbez.

# *Bibliographie*

## Références bibliographiques

**Alazayza. F et A. Mechtouf, 2002 :** Evaluation du risque de pollution par l'application de la méthode DRASTIC dans la basse vallée du Safsaf (Oued Safsaf, Oued Zeramna) Wilaya de skikda. Mémoire d'ingénieur, Université de Annaba, département de géologie, 88 pages

**Bacha. M R et D. Boutefnouchet, 1980 :** Estimation des ressources en eaux du massif dunaire de Guerbez – synthèse des données piezométriques- Université de Annaba, Mémoire d'ingénieur 119 pages.

**Benchaar.C, 1999 :** Apport de l'analyse en composantes principales dans l'explication des mécanismes hydrochimiques des oueds Seybouse, Kebir Est et Kebir Ouest (Est Algérien). Mémoire de Magistère. Université de Annaba. 117 pages.

**Belhannachi. A, 2003 :** Etude hydrologique et hydrochimique dans les bassins versants du Nord-Est Algérien (Bassin de la Seybouse, Kebir Est, Kebir Ouest et Safsaf).Mémoire de Magister. Université de Annaba. 138 pages.

**Bousnoubra. H, 2002 :** Les ressources en eau des régions : Skikda, Annaba, El Taref, Guelma, Souk Ahras (Nord Est Algérien)-Evaluation, gestion et perspective vulnérabilité et protection.Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Annaba. 159 pages.

**Boutella. H et D, Maaziz, 1988 :** Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Hadjar Soud et évaluation approximative des ressources potentielles exploitables en eaux souterraines. Université de Annaba, Mémoire d'ingénieur, 118 pages.

**Castany. G, 1967 :** Traité pratique des eaux souterraines, Ed Dunod, Paris, France.

**Castany. G, 1968 :** Prospection et exploitation des eaux souterraines.

**Castany. G, 1982 :** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod, Paris.

**Chalbaoui. M, 2000 :** Vulnérabilité des nappes superficielles et subaffleurantes du Sud-ouest tunisien. Science et changements planétaires (sécheresse). Volume 11, numéro 2.

**Chaouki. M, 2004 :** Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines et étude du comportement d'un polluant (nitrates) dans un milieu poreux, un sol de la région de Guerbez wilaya de Skikda. Mémoire de Magister, 80 pages.

**Cherfi. A, et H. E. Younsi, 2005 :** Contribution a l'étude hydrogéologique de l'aquifère côtier de la plaine de Skikda. Mémoire d'ingénieur. Faculté des sciences de la terre, de l'aménagement du territoire et de la géographie. Université de Constantine, 84 pages.

**Detay. M, 1997 :** La gestion active des aquifères. Edition Masson. Paris. 416 pages.

**Hadj Said. S, 2001 :** Etat d'influence marine et vulnérabilité à la pollution chimique des eaux de la région de Guerbez w. Skikda. Mémoire de Magister, département de chimie, Université de Annaba, 71 pages.

**Hamdi. D, et A. Bousnane, 1997 :** ressources et approvisionnement en eau dans la région de Skikda (essai de synthèse). Mémoire d'ingénieur. Université de Annaba. 80 pages.

**Lakehal. Z, 1987 :** Etude hydrogéologique dans le massif de Guerbez wilaya de Skikda. Université de Annaba, Mémoire d'ingénieur, 103 pages.

**Lallemand Barres. A et Roux. J.C, 1999 :** Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Manuels & méthodes. Edition BRGM. 334 pages.

**Marre. A, 1992 :** Le Tell Oriental de l'Algérie de Collo à la frontière Tunisienne, étude géomorphologique, volume 1, OPU Alger Algérie.

**Raoult. J.F, 1974 :** Géologie de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mémoire de la société géologique de France. 161 pages.

**Remenieras.G, 1986 :** L'hydrologie de l'ingénieur. Edition Eyrolles, Paris. 456 pages.

**TESCO-VISITERV, 1982 :** Régularisation de l'oued Kebir Ouest (étude hydrologique). 35 pages.

**Tebbi. A et F. Benkherourou, 1996.** Contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine de Skikda. Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine, 147 pages.

**Villa. J.M, 1980 :** La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algero-Tunisiens. Thèse de Docteur ES Science Paris 3T. 665 pages.

### **Site Internet :**

**Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement, 2004 :** Etat des nappes d'eau souterraines de la Wallonie.

**Commissions internationales de la protection de la Moselle et de la Sarre (CIPMS), 1996 :** Méthode d'évaluation de la qualité des eaux des rivières.

**Docteur E.Genoudet, 2001 :** Bulletin de l'association Kouzmine international (l'eau du robinet : de la source au verre).

**Miquel. Revol, 2002/2003 :** Qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Rapport 215 tome 2.

### **Agences :**

**Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH)** de Constantine et Annaba

**Agence de bassin hydrographique** de Constantine.

**Agence de bassin hydrographique** de Annaba.

**Direction de l'hydraulique de wilaya** de Skikda et Annaba

**Environnement** (laboratoire) de Skikda

**EPEDEMI**A de Skikda

**Station pluviométrique** (nouveau port) de Skikda

### **Carte :**

**Carte topographique de la région de Collo** (feuille numéro 13 échelle 1/50 000)

**Carte topographique de djebel Filfila** (feuille numéro 15 échelle 1/50 000).

**Carte topographique de Philippeville** (feuille numéro 14 échelle 1/50 000).

**Carte structurale de la chaîne Alpine d'Algérie** (échelle 1/50 000).

# *Annexes*

*Tableaux Pluvio  
et  
Map Info*

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Sep</b>	58	100	38	69	25	29,5	18	65	35,9	114
<b>Oct</b>	102	9	95	190	81	25	52	2	85	47
<b>Nov</b>	6	48	40	174	26	106,1	36,7	103	244	37
<b>Dec</b>	170	55,1	102	148,2	198	238	102	95	215	169
<b>Jan</b>	116	219	65	66	55,1	116,7	61	150	47,5	276
<b>Fev</b>	120	25	192	13,3	82	116	20	87	121,6	114
<b>Mar</b>	00	107	59,3	18	104,2	72,4	21	11	21,4	35
<b>Avr</b>	142	32,2	92	34,2	43	32	16	48	59,1	99
<b>Mai</b>	12	3	46,4	7	57,3	15	119	28	10,1	14
<b>Jiu</b>	00	19	14	27	129,2	4	43	0	1	2
<b>Jul</b>	01		1	0	11	1	0	0	22,1	0
<b>Aou</b>	4	12,3	4	4	0	8	5	5	30,6	0
<b>Moy</b>	60,91	52,46	62,39	62,55	78,55	62,80	41,14	49,5	74,44	75,58
<b>Tot</b>	731	629,6	748,7	750,7	842,7	753,7	493,7	594	893,3	907

**Précipitations à la station de Skikda (94/04).**

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Sep</b>	60,7	105,8	41,7	43,7	71,2	7,4	1,8	66,4	26,5	138,9
<b>Oct</b>	91,6	31,2	59,7	60,4	49,6	13,6	32,1	14,3	27,6	49,9
<b>Nov</b>	7,1	33,9	44,9	108,9	197	71	38,5	82,9	185,8	43,4
<b>Dec</b>	130,3	42,9	104,2	111,7	54,3	173	72,1	47,9	185,3	238,7
<b>Jan</b>	240,3	56,1	58,3	40,6	139,2	38,1	173,8	41,9	266,6	142,2
<b>Fev</b>	16,7	262,3	18,4	96,3	68,9	26	56,2	75,4	107,4	58,3
<b>Mar</b>	160,5	56,4	34	37,2	83	29,4	29,9	31,3	28,3	69,7
<b>Avr</b>	36,6	76,7	38,6	60	25,7	34,6	47,4	104,2	130,3	107,9
<b>Mai</b>	0	43,5	24,4	80,5	16,5	80,6	38,6	10,9	14,8	105,8
<b>Jui</b>	20,6	9,5	18,4	10,7	5,7	17,6	0	5,2	0	12,3
<b>Jul</b>	0	2,4	0	0	4,4	0	0	7	0,9	0,2
<b>Aou</b>	7,60	14,1	30,4	5,8	5,2	10,9	1,6	22,3	0	0,4
<b>Moy</b>	<b>64,33</b>	<b>61,23</b>	<b>39,41</b>	<b>54,65</b>	<b>60,05</b>	<b>41,85</b>	<b>41</b>	<b>41,89</b>	<b>81,12</b>	<b>80,64</b>
<b>Tot</b>	772	734,8	473	655,8	720,7	502,2	492	504,7	937,5	967,7

**Précipitations à la station de Guenitra (94/04).**

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Sep</b>	6.9	39.4	37.3	15.7	41.1	2.7	0	41.4	7	65.2
<b>Oct</b>	83.8	2.2	6.1	95.3	26.6	22.5	47.6	9.8	26.4	21.4
<b>Nov</b>	26.8	78.8	13.6	200.1	172.2	79.3	27.3	48.5	197.8	27.4
<b>Dec</b>	136.2	78.1	96.4	149.2	85.4	124.5	84.6	70.4	168.8	170.8
<b>Jan</b>	26.94	70.7	64.8	72.3	115.4	68.3	170.2	32.5	190.5	111.2
<b>Fev</b>	7.9	226.1	25.7	119.7	60.7	16.9	101.4	80.9	131.7	12.9
<b>Mar</b>	94.8	85.4	18.7	94	61.4	8.4	17.4	6.3	26.3	39.9
<b>Avr</b>	7.2	31.4	19.8	57.2	40.7	6	44.6	28.2	76.8	57
<b>Mai</b>	0	11.5	0.3	100.4	0	86.9	11.9	1.6	10.6	35.3
<b>Jui</b>	2.3	0	0	5.3	5.8	3.1	0	0	0	40.5
<b>Jul</b>	0	0	4.9	0	0	0	0	2.9	0	0
<b>Aou</b>	0.4	1.7	6.7	2.1	0.4	2.3	0	16.9	0	0
<b>Tot</b>										
<b>Moy</b>	52,97	52,11	24,52	75,94	50,81	35,07	42,08	28,28	69,66	48,46

**Précipitations à la station de Azzaba (94/04).**

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Sep</b>	25,2	23,4	21,5	24,2	24,4	26,1	24,7	24,1	22,1	23,5
<b>Oct</b>	20,4	20,1	16,9	20,3	17,9	22,6	19,3	22,9	19,1	20,6
<b>Nov</b>	16,5	15,3	15,1	15,6	13,5	14,1	15,9	14,1	14,1	15,4
<b>Dec</b>	12	13,7	13,2	12,3	10,3	11,7	12,6	10	11,3	11,2
<b>Jan</b>	10,3	13,4	11,8	11,1	11	8,5	11,7	9,7	9	8,5
<b>Fev</b>	12,6	10,2	12,4	11,7	9,2	11,6	11,1	11,6	8,5	8,2
<b>Mar</b>	12,1	13,4	12	13	13,4	14	16,9	14	11,5	11,6
<b>Avr</b>	13,8	14,7	14,8	15,6	15,2	16,6	15	15,7	14,9	13,6
<b>Mai</b>	19,9	18,2	20,9	13,3	22,2	21	19	21,8	17,9	16,3
<b>Jui</b>	23,4	21,8	25,8	25	25	23,3	24,7	27,2	25	23,6
<b>Jul</b>	27,6	26,2	26,8	26,9	26	27,6	27,7	28,3	28,1	28,6
<b>Aou</b>	26,8	26,8	27,7	27	30	28,2	28,2	25,2	28,3	29,2
<b>Moy</b>	17,33	18,1	18,24	18	18,17	18,77	18,9	18,71	17,48	17,52

**Températures à la station de Guenitra (94/04).**

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
<b>Sep</b>	25,7	23,3	21,8	24,2	25,7	24,6	24,5	24	23,4	24,6
<b>Oct</b>	21,2	20,9	18,7	21,7	19,6	23,5	21,3	23,3	21,1	22,1
<b>Nov</b>	18,3	17,8	17,4	17,5	15,4	15,9	17,7	16,6	17,9	17,2
<b>Dec</b>	14,1	16,1	15,6	14,9	12,8	13,6	15,3	13,7	14,8	13,1
<b>Jan</b>	12,9	16,1	15,6	14,4	13,3	12,9	10,5	14,2	12,1	12,5
<b>Fev</b>	13,4	14,6	10,5	13,4	13,3	11,9	12,9	13,1	13,1	11,9
<b>Mar</b>	14	13,3	14,7	13,2	14,5	15,2	14,2	18	15,6	13,5
<b>Avr</b>	14,4	14,5	16,1	15,7	16,9	16,2	17,3	16,1	13,5	17,2
<b>Mai</b>	19,5	23,1	18,3	19,9	18,5	20,6	19,5	19	19,3	19,4
<b>Jui</b>	21,4	21,4	21,3	23,4	24,4	23,2	22,2	23,6	22,9	25,6
<b>Jul</b>	25,1	24,2	24,5	24,1	24,9	25,7	26,2	25,4	24,9	28,3
<b>Aou</b>	28,5	25,7	25,6	26,5	25,6	27,9	27	27,3	25,4	29,2
<b>Moy</b>	17,37	19,25	18,34	19,07	18,74	19,26	19,05	19,52	18,66	19,55

**Températures à la station de Skikda (94/04).**

	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	Moy
<b>S</b>	24.50	22.55	32.00	24.95	22.73	23.60	22.73	22.44	22.15	22.73	24.04
<b>O</b>	21.00	19.80	20.20	20.65	18.88	21.86	19.83	21.86	20.19	20.99	20.52
<b>N</b>	18.05	17.60	17.45	16.45	16.05	16.49	17.58	16.78	17.72	17.29	17.14
<b>D</b>	15.10	15.85	15.25	13.85	14.02	14.75	15.54	13.87	15.54	14.38	14.81
<b>J</b>	12.75	14.10	15.00	13.85	14.16	12.48	15.03	13.29	13.95	14.02	13.86
<b>F</b>	14.00	12.55	11.95	13.35	13.07	14.38	14.17	14.24	13.29	14.02	13.50
<b>M</b>	13.65	14.00	13.95	13.85	15.69	15.47	17.94	16.05	15.47	14.60	15.06
<b>A</b>	14.45	15.30	15.90	16.30	16.78	17.58	16.63	16.85	17.22	16.13	16.31
<b>M</b>	19.75	19.15	19.10	19.20	20.05	19.32	18.74	19.03	18.95	17.79	19.11
<b>J</b>	21.40	21.35	22.35	20.95	21.93	21.28	22.15	21.79	23.46	20.70	21.73
<b>J</b>	24.65	24.35	24.30	24.50	23.38	24.04	23.53	23.02	25.35	22.95	24
<b>A</b>	27.10	25.65	26.05	26.05	25.13	24.55	24.33	23.46	26.14	24.40	25.28
<b>Moy</b>	18.86	18.52	19.46	18.66	18.49	18.82	19.02	18.55	19.12	18.33	

**Températures à la station de Azzaba (94/04).**

#### ***VII.2.4.Utilisation du logiciel (Map Info 7.5) :***

Le logiciel « Map Info » est la référence mondiale d'information géographique, utilisé en cartographie il permet d'avoir un volume important d'information relatif à un domaine.

Il organise les informations sous forme de table, composée de deux parties, l'une sous forme graphique (carte) et l'autre sous forme textuelle (données), cette association de données est appelée SIG.

#### **Pour créer une table à partir d'une image raster il faut :**

**-Numérisation** : après avoir scanner une image il permet d'obtenir des images du type raster, qui permettent à leur tour d'importer des cartes, des plans et des photos aériennes à Map Info. Ces images sont utilisées comme fond de carte.

**-Importation** : des tables est cela pour obtenir un fichier nommé (base de données).

Le calage d'une image se fait en appliquant les étapes suivantes :

#### **1-afficher une image :**

Fichier→carte→type image raster

Ouvrir table→image raster→caler

#### **2-Créer un point sur cette image :**

Rendre la couche dessin modifiable→contrôle des couches.

Sélectionner un ensemble de points de calage sur l'image.

Localisation de ces points sur la carte.

#### **3-Créer une nouvelle table :**

Fichier→nouvelle table→ouvrir une nouvelle fenêtre données.

→créer→structure de la nouvelle table

-Champs

-Types

-Index

→créer.

→donner un nom à la table

#### **4-Si on oublie de créer un champ :**

Table→gestion de table→modifier structure.

→renommer la table.

→compacter la table.

#### **5-Pour créer les points graphiques des enregistrements textuels :**

Table→créer point.

Table→ test

→Symboles x, y

→Projection

→Categorie→longitude

→latitude

→Enregistrer.

#### **6-Une table « Map Info » se structure en cinq fichiers :**

- \* .TAB→decrit la structure de la table.
- \* .DAT→decrit les informations textuelles.
- \* .MAP→decrit les objets graphiques.
- \* .ID→liaison entre l'information textuelle et géographique.
- \* .IND→fichier index qui permet la recherche des objets.

#### **7-Impression :**

→Configuration→determination de l'orientation de la carte.

→Menu→fichier→configuration→orientation.

→Mise en page :

→fenetre→mise en page→legende

→habillage

→nouvelle fenetre de mise en page

→sélectionner le cadre de la page→imprimer

*Inventaire  
des  
forages en services  
(2005)*

Coordonnées Lambert X Y		N°	Dénomination	Sous Bassin	Localisation	Commune	Destination	Débit théorique (l/s)
842,900	412,500	1	TELZA 1	03 06	Teleza	CHERAIA	AEP Collo	14
843,200	414,750	2	TELZA 2	03 06	Teleza	CHERAIA	AEP Collo	10
844,555	414,690	3	AGHBEL	03 06	VALLEE OUED GUEBLI	COLLO	AEPAGHBEL	10
821,300	406,780	4	OUED ZHOUR 1	03 06	VALLEE OUED ZHOUR	OUED ZHOUR	AEP OUED ZHOUR	40
820,300	406,600	5	OUED ZHOUR 2	03 06	VALLEE OUED ZHOUR	OUED ZHOUR	AEP OUED ZHOUR	40
843,400	408,150	6	ALI CHAREF	03 07	VALLEE OUED GUEBLI	BENI ZID	AEP ALI CHAREF	10
/	/	7	LEMBATAL	03 07	LEMBATAL	BENI ZID	AEP LEMBATAL	10
845,425	413,425	8	BENETO	03 07	VALLEE OUED GUEBLI	KERKERA	AEP COLLO	10
846,400	409,200	9	REBAHIA	03 07	Vallée Oued Guebli	KERKERA	AEP Rebihia	15
851,200	399,510	10	TAMALOUS 1	03 07	VALLEE OUED GUEBLI	TAMALOUS	AEP TAMALOUS	15
852,050	397,375	11	BIN EL OUIDEN	03 07	Tamalous	TAMALOUS	AEP Bin El Ouiden	12
851,500	399,000	12	TAMALOUS 3	03 07	Vallée Oued Guebli	TAMALOUS	AEP Tamalous	10
852,325	397,325	13	TAMALOUS 4	03 07	Vallée Oued Guebli	TAMALOUS	AEP Tamalous	8
853,180	387,900	14	SOUK TLATA	03 07	SOUK TLATA	Sidi Mezghiche	AEP Souk Tlata	10
869,100	410,350	15	GRANDE PLAGES	03 08	Vallée Oued Bibi	AIN ZOUIT	AEP GRANDE PLAGES	10
880,050	398,350	16	ALI ABDENNOUR	03 09	Beni Bechir	BENI BECHIR	AEP Ali Abdennour	10
871,000	400,550	17	TMAR	03 09	El Hadaiek	EL HADAIEK	AEP Bouchetata	10
/	/	18	EMDJEZ EDCHICH	03 09		EMDJEZ EDCHICHE	AEP	10
/	/	19	CASERNE	03 09	CASERNE	EMDJEZ EDCHICHE	AEP	5
879,250	398,250	20	SAF-SAFA	03 09	Ali Abdenour	HAMADI KROUMA	AEP Safsaf	10
877,425	395,750	21	SABAA IKHOJANE	03 09	Ramdane Djamel	RAMDANE DJAMEL	AEP Sebaa Ikhouane	10
874,950	391,000	22	BEN RAIS	03 09	Ramdane Djamel	RAMDANE DJAMEL	AEP BEN RAIS	15
876,650	392,500	23	RAMDANE DJAMEL 3	03 09	Ramdane Djamel	RAMDANE DJAMEL		P.I
875,125	391,150	24	RAMDANE DJAMEL 1	03 09	Ramdane Djamel	RAMDANE DJAMEL	AEP Ramdane Djamel	15
877,050	393,900	25	6 MECHTATS	03 09	6 MECHTATS	Ramdane Djamel	AEP	25
872,450	387,250	26	SKIKDA SECOURS	03 09	Vallée Oued Saf Saf	SALAH BOUCHAOUR	AEP Salah Bouchaour	25
873,250	388,750	27	KOUDIET RMEL	03 09	Salah Bouchaour	SALAH BOUCHAOUR	AEP KOUDIET RMEL	12
872,500	387,600	28	OUED KSOB	03 09	Salah Bouchaour	SALAH BOUCHAOUR	AEP Salah Bouchaour	5
872,112	386,180	29	SALAH BOUCHAOUR	03 09	Salah Bouchaour	SALAH BOUCHAOUR	AEP Salah Bouchaour	12
873,650	401,580	30	MOUHAFADA	03 09	.Mouhafada	SKIKDA	AEP Mohafada	10
Coordonnées Lambert X Y		N°	Dénomination	Sous Bassin	Localisation	Commune	Destination	Débit théorique (l/s)
873,900	402,000	31	CITE UNIVERSITAIRE 1	03 09	CITE UNIVERSITAIRE	SKIKDA	AEP Cité universitaire	15
/	/	32	CITE UNIVERSITAIRE 2	03 09	CITE UNIVERSITAIRE	SKIKDA	AEP Cité universitaire	5
876, 100	394, 100	33	SKIKDA SECOUR 10	03 09		Ramdane Djamel	AEP	15
877, 800	391, 400	34	SKIKDA SECOUR 11	03 09		Ramdane Djamel	AEP	20
877, 950	395, 550	35	SKIKDA SECOUR 13	03 09		Beni Bachir	AEP	25
905,695	410,300	36	GUERBES 1	03 10	Guerbes	BEN AZZOUC	AEP Guerbes	6
888,000	408,900	37	FILFILA 2	03 10	Fil Fila	FIL FILA	AEP Fil Fila	10

888,450	408,900	38	FILFILA 1	03 10	Fil Fila	FIL FILA	AEP	12
888,370	408,900	39	FILFILA 3	03 10	Fil Fila	FIL FILA	AEP Fil Fila	20
910,600	390,200	40	ZAHEUR	03 11	Sidi Said	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP Sidi Said	10
912,150	388,100	41	BEKKOUCHE LAKHDAR	03 11	Bekkouche Lakhder	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP Bekkouche Lakhder	15
911,600	390,050	42	GRABESSA	03 11	Grabesse	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP BEKKOUCHE LAKHDER +GRABESSA	15
910,750	390,600	43	AIN CHARCHAR 1	03 11	Sidi Said	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP Ain Charchar	15
/	/	44	.AIN CHARCHAR F2 Bis	03 11	Sidi Said	AIN CHARCHAR	/	P.I
891,000	389,500	45	ES SEBT	03 11	Azzaba	AZZABA	/	6
896,140	391,430	46	MENZEL EL ABTAL	03 11	Plaine Azzaba	AZZABA	AEP MENZEL EL ABTAL	4
893,600	390,150	47	CITE UNIVERSITAIRE	03 11	Ecole d'agriculture	AZZABA	AEP Ecole d'agriculture	5
898,200	397,950	48	LEMKHAMSSIA	03 11	Djendel	DJENDEL Mohamed Saadi	AEP Lamkhamsia	6
901,020	394,720	49	GHEJATA	03 11	Ghejata	DJENDEL Mohamed Saadi	AEP Djendel	10
890,450	384,600	50	ES SEBT 1	03 11	Es Sebt	ES SEBT	AEP Es Sebt	6
890,610	384,370	51	ES SEBT 2	03 11	Es Sebt	ES SEBT	AEP Es Sebt	6
/	/	52	BARRAGE	03 11	BARRAGE	BEKKOUCHE LAKHDAR	AEP	20
/	/	53	MENZEL BENDICHE	03 11	MENZEL BENDICHE	AZZABA	/	P.I
911,100	391,250	54	MEKASSA 1(MEKASSA)	03 12	Mekassa	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP Mekassa	20
911,100	391,250	55	El Hamma	03 12	El Hamma	BEKKOUCHE LAKHDER	AEP El Hamma	20
910,000	394,800	56	GHEJATA 2	03 12	Ain Charchar	AIN CHARCHAR	Renforcement de l'AEP de Djendel	P.I
909,710	393,080	57	OUED KEBIR	03 12	Ain Charchar	AIN CHARCHAR	AEP Oued El Kebir	12
893,900	390,100	58	ZAOUIA-RAS EL MA	03 12	Zaouia	BEN AZZOUZ	AEP ZAOUIA-RAS EL MA	8
Coordonnées Lambert X Y		N°	Dénomination	Sous Bassin	Localisation	Commune	Destination	Débit théorique (l/s)
905,300	403,100	59	BEN AZZOUZ	03 12	Dem El Bagrat	BEN AZZOUZ	AEP Ben Azzouz	30
/	/	60	AIN NECHMA	03 12	Ain Nechma	BEN AZZOUZ	AEP Ain Nechma	10
910,750	399,600	61	BOU MAIZA 2	03 12	Ben Azzouz	BEN AZZOUZ	Irrigation	15
900,600	394,900	62	DJENDEL	03 12	Djendel	DJENDEL Mohamed Saadi	AEP DJENDEL	10
913,300	395,400	63	BOU MAIZA 5	03 13	Boumaiza	BEN AZZOUZ	AEP Berrahel	40
914,650	395,300	64	BOU MAIZA 6	03 13	Boumaiza	Bekkouche Lakhder	AEP Berrahel	34
914,300	396,200	65	ZIT EMBA 1	03 13	Hadjar Essoud	Ben Azouz	AEP Azzaba	60
914,500	396,200	66	ZIT EMBA 2	03 13	Hadjar Soud	Ben Azouz	AEP AZZABA	28
906,000	422,000	67	LA MARSIA 1	03 14	Remaila	La Marsa	/	/

**Inventaire des forages de la wilaya de Skikda (2005/2006).**

*Analyses des eaux  
de  
la wilaya de Skikda*

Le tableau qui suit récapitule les différentes sources de pollution dans la wilaya de Skikda et ce qu'elles peuvent générer comme dégradation au milieu récepteur (oued Safsaf).

<b>Source de pollution</b>	<b>Pollutions générées</b>	<b>Normes internationales</b>	<b>Milieu récepteur</b>
<b>Complexe de raffinage du pétrole</b>	-hydrocarbures 30 mg/l des métaux lourds (Pb).	5 mg/l	oued Safsaf
<b>Enamarbre</b>	Poussière de marbre 40 mg/l (matières en suspension)	20 mg/l	oued Safsaf
<b>Centrale thermique</b>	eaux acides et basiques Soude, sulfates et fer		oued Safsaf
<b>Complexe de liquéfaction GNL</b>	-hydrocarbures - acides et bases hydrazine		oued Safsaf
<b>Unité de transport UTE</b>	-hydrocarbures rejet naturel 52mg/l	5mg/l	oued Safsaf

**Tableau : les différentes sources de pollution dans la wilaya de Skikda.**

**Résultats d'analyses chimiques des eaux des trois oueds de la wilaya de Skikda  
(1990/2005 )**

<b>Guebli 30701 Guenitra</b>								
années	DCO	DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub> diss	No3	Nh4	Po4	No2	indice
1990	16	24	84	4	0,1	0,7	0,12	1,66
1991	15	26	70	5	0,1	0,9	0,03	2,66
1992	17	16	83	2	0,1	0,5	0,01	2,33
1993	25	15	49	6	0,1	0,45	0,01	2,66
1994	30	8	90	10	0,1	0,2	0,01	1,66
1995	28	45	73	11	0,1	0,01	0,02	2,66
1996	20	16	37	6	0,1	0,4	0,02	3
1997	18	45	89	10	0,2	0,1	0,02	2,33
1998	10	17	83	4	0,3	0,5	0,02	2,33
1999	16	31	93	3	0,2	0,6	0,02	2,33
2000	20	25	70	8	0,1	0,41	0,05	2,33
2001	28,9	3,3	61	11	0,3	0,34	0,07	1,66
2002	30,24	3,5	48	13	1,3	0,34	0,02	2,33
2003	23,4	6,4	51	48	1,4	0,3	0,8	2,33
2004	11,3	11	86	36,4	1	0,2	0,77	2
2005		23	88					
<b>Safsaf 30901</b>								
années	DCO	DBO	O <sub>2</sub> diss	No3	Nh4	No2	Po4	indice
1990		11	83	10	0	0,04	1,5	2
1991		27	83	8	0	0,07	0,8	2,66
1992		25	74	2	0,1	0,05	0,3	2,33
1993		5	90	5	0	0,01	0,45	1,33
1994		44	87	11	0	0,01	0,1	2,66
1995		30	77	8,5	0,1	0,02	0,3	2,66
1996		15	43	8	0	0,02	0,5	3
1997		16	77	10	0	0,01	0,1	2,33
1998	0,28	7	89	6	0,2	0,03	0,6	1,66
1999	0,55	19	100	8	0,1	0,05	0,25	2
2000	25	15	85	18	0,1	0,03	0,23	2
2001	20,33	3,5	77	16	0	0,01	0,1	1,33
2002	34,43	5,8	81	10	0,1	0,015	0,2	1,33
2003	10,5	11	70	11	0	0,02	0,3	2
2004	13	14	80	12	0,1	0,01	0,4	1,33
2005		1,4	67					30,62

**K Ouest 301101**

	<b>DCO</b>	<b>DBO</b>	<b>O2</b>	<b>No3</b>	<b>Nh4</b>	<b>No2</b>	<b>indice</b>
1990		75	70	2	8,8	0,09	4
1991		50	100	6	0,3	0,24	2,33
1992		38	71	13	3,7	0,02	3,33
1993		37	92	4	1,8	0,06	2,66
1994		42	44	10	10	0,03	4,66
1995		79	100	11	10	0,03	3,66
1996		31	73	50	1,3	0,04	2,66
1997		66	35	8	10	0,07	4,66
1998		46	88	18	1	0,09	2,33
1999		40	94	9	0,2	0,08	2,33
2000		30	80	16	0,5	0,17	2,66
2001	64,9	6,5	87	20	1,4	0,44	2
2002	60,86	5,9	68	18	4,6	0,15	2,66
2003	11,31	5,3	70	17	5	0,11	3
2004	27,4	6	80	20	4,5	0,2	3,33
2005		5,6	61				

N° puits	PH	C E	R S	T° C	Paramètres chimiques								DHT	Mg/Ca	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Cl	i.e.b	Unites
					Cations				Anions									
					Ca	Na+K	Mg	Σ	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ						
P2	7.2	790.77	0.53	19	96.99	24.679	14.25	16.77	414.8	15.2	241.4	16.77	30.2	0.24	0.46	1.57	-0.58	mg/l
					4.85	10.73	1.19		6.8	3.17	6.8							me/l
					28.99	63.98	7.09		41.54	18.90	40.54							%
P3	8.3	313.03	0.15	18	31.26	191.36	9.12	10.6	196.64	123	205.9	10.6	11.6	0.46	0.44	1.43	-0.43	mg/l
					1.56	8.32	0.72		2.24	2.56	5.8							me/l
					14.71	78.49	6.79		21.13	24.15	54.71							%
P4	7.2	386.69	0.25	18	43.28	198.26	6.12	11.34	187.88	142	188.15	11.34	13.6	0.25	0.55	1.62	-0.62	mg/l
					2.16	8.62	0.56		3.08	2.96	5.3							me/l
					19.04	76.01	4.963		27.16	26.1	46.73							%
P5	7.2	77.31	0.78	20	113.02	228.39	17.16	17.01	452.62	104	248.5	17.01	35.4	0.25	0.31	1.38	-0.38	mg/l
					5.65	9.93	1.43		7.42	2.17	7							me/l
					33.21	58.37	8.4		44.73	13.08	42.19							%
P6	6.8	110.97	0.73	23	98.59	277.61	79.68	23.63	868.64	105	255.6	23.63	57.8	1.35	0.3	1.67	-0.67	mg/l
					4.92	12.07	6.64		14.24	2.19	7.2							me/l
					20.82	51.08	28.10		60.26	9.27	30.46							%
P7	7.2	1166.22	0.76	21	121.04	249.78	42.12	20.42	643.4	140	252.05	20.42	47.8	0.58	0.41	1.52	-0.52	mg/l
					6.05	10.86	3.51		10.4	292	7.1							me/l
					29.62	53.18	17.19		50.93	14.29	34.76							%
P8	7.6	497.17	0.3	21	59.31	232.53	13.44	14.19	290.36	160	216.55	14.19	20.4	0.37	0.54	1.65	-0.65	mg/l
					2.96	10.11	1.12		4.76	3.33	6.1							me/l
					20.85	71.24	7.89		33.54	23.46	42.98							%
P9	6.9	114.07	0.73	20	113.82	299.69	51.72	22.93	774.7	174	234.3	22.93	50	0.75	0.55	1.97	-0.97	mg/l
					5.69	13.03	4.31		12.7	3.63	6.6							me/l
					24.81	56.82	18.79		55.38	15.83	28.78							%
P10	6.6	1247.3	0.95	19	171.54	203.09	38.28	20.59	660.02	172	219.8	20.59	58.8	0.37	0.57	1.42	-0.42	mg/l
					8.57	8.83	3.19		10.82	17.38	6.19							me/l
					41.62	42.88	15.49		52.54	1.54	30.06							%

**Tableau des analyses chimiques des eaux de la plaine de Skikda (2004/2005).**

1/4

N° puits	PH	C E	R S (g)	T° °C	Paramètres chimiques								DHT	Mg/Ca	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Cl	i.e.b	Unites
					Cations				Anions									
					Ca	Na+K	Mg	Σ	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ						
P11	7.5	443.98	0.26	18	65.73	166.06	9.12	11.26	296.62	74	188.15	11.26	20.2	0.23	0.29	1.36	-0.36	mg/l
					3.28	7.22	0.76		4.42	1.54	5.3							me/l
					29.12	64.12	6.74		39.25	13.67	47.06							%
P Dev	6	614.82	0.37	19	36.07	208.15	18.24	12.37	136.64	126	266.5	12.37	33.2	0.84	0.35	1.2	-0.20	mg/l
					1.8	9.05	1.52		2.24	2.63	7.50							me/l
					14.55	73.16	12.28		18.10	21.26	60.63							%
P Raf	7	849.09	0.59	18	94.58	244.49	8.16	16.03	305	122	305.57	16.03	27	0.94	0.29	1.25	-0.25	mg/l
					4.72	10.63	0.68		5	2.54	8.49							me/l
					29.44	66.31	4.24		31.19	15.48	52.96							%
	6.4	1676.7	0.83	20	58.68	366.96	19.71	20.53	294.05	452.6	223.05	20.53	22.88	0.55	1.5	2.54	-1.54	mg/l
					2.93	15.96	1.64		4.82	9.43	6.28							me/l
					14.27	77.74	7.99		23.48	45.93	30.59							%
O1	7.7	/	4.20	28	346.29	119.58	904.14	66.58	211.01	2626.65	298.21	66.58	58.48	0.57	0.51	4.68	/	mg/l
					17.31	9.96	39.31		3.51	54.72	8.40							me/l
					25.99	14.95	59.03		5.18	82.18	12.61							%
O2	7.3	7058	5.38	23	137.87	126.44	161.36	24.43	4.14.8	409.44	323.05	24.43	10.88	1.52	0.93	0.77	/	mg/l
					6.89	10.53	7.01		414.80	8.53	9.10							me/l
					28.30	43.10	28.69		27.83	34.91	37.24							%
O3	7.3	1089.49	0.80	24	106.61	45.80	155.48	1508.	372.14	56.64	276.90	15.08	41.6	0.56	0.15	0.87	/	mg/l
					5033	2.99	6.76		6.10	1.18	8.70							me/l
					35.34	19.83	44.83		40.45	7.82	51.72							%
O4	7.3	1050.62	4.47	22	101	39.24	178.02	16.06	389.18	87.84	294.65	16.06	41.6	0.58	0.22	0.76	/	mg/l
					5.05	3.27	7.74		638.00	1.30	8.30							me/l
					37.24	24.12	38.15		38.64	11.08	50.20							%
O5	7.5	1037.32	0.74	23	100.02	34.92	231.61	17.99	396.50	168	284	17.99	39.6	0.58	0.43	1.25	/	mg/l
					9.01	2.91	10.07		6.50	3.50	8							me/l
					27.84	16.17	55.978		36.11	19.44	44.44							%

Tableau des analyses chimiques des eaux de la plaine de Skikda (2004/2005).

N° puits	PH	C E	R S (g)	T° (°C)	Paramètres chimiques								DHT	Mg/Ca	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Cl	i.e.b	Unites
					Cations				Anions									
					Ca	Na+K	Mg	Σ	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ						
Oued 6	7.5	1040.39	0.73	23	67.33	55.56	158.70	14.9	262.30	168.00	252.50	14.9	40.00	1.37	0.49	0.65	-	mg/l
					3.37	4.63	6.90		4.30	3.50	7.10							me/l
					22.61	31.09	46.30		28.85	23.48	47.65							%
Oued 7	7.5	1006.63	0.77	23	95.39	33	198.03	16.13	356.24	158.00	248.50	16.13	37.6	0.57	0.46	1.23	-	mg/l
					4.77	2.75	8.61		5.84	3.29	7.00							me/l
					29.57	17.04	53.31		36.20	20.39	43.38							%
P1	7	1636.83	1.09	18	141.68	40.68	279.15	22.59	741.76	126.00	276.90	22.59	52.2	0.48	0.33	1.55	-0.036	mg/l
					7.05	3.39	12.15		12.16	2.63	7.80							me/l
					31.20	15	53.78		53.82	11.64	34.52							%

Tableau des analyses chimiques des eaux de la plaine de Skikda (2004/2005).

<b>Points d'eau</b>	<b>Sr<sup>2+</sup> (me/l)</b>	<b>Ca<sup>2+</sup> (me/l)</b>	<b>Sr<sup>2+</sup> / Ca<sup>2+</sup></b>
<b>Oued 1</b>	<b>0.0159</b>	<b>17031</b>	<b>0.0009</b>
<b>Oued 2</b>	<b>0.0184</b>	<b>6.89</b>	<b>0.0027</b>
<b>Oued 3</b>	<b>0.0166</b>	<b>5.33</b>	<b>0.0031</b>
<b>Oued 4</b>	<b>0.0193</b>	<b>5.05</b>	<b>0.0038</b>
<b>Oued 5</b>	<b>0.0241</b>	<b>5.01</b>	<b>0.0048</b>
<b>Oued6</b>	<b>0.0234</b>	<b>3.37</b>	<b>0.0069</b>
<b>Oued7</b>	<b>0.0222</b>	<b>4.77</b>	<b>0.0046</b>
<b>Puits 1</b>	<b>0.0268</b>	<b>3.12</b>	<b>0.0086</b>
<b>Puits 2</b>	<b>0.0229</b>	<b>4.85</b>	<b>0.0055</b>
<b>Puits 3</b>	<b>0.0128</b>	<b>1.56</b>	<b>0.0082</b>
<b>Puits 4</b>	<b>0.0291</b>	<b>2.16</b>	<b>0.0135</b>
<b>Puits 5</b>	<b>0.0347</b>	<b>5.65</b>	<b>0.0061</b>
<b>Puits 6</b>	<b>0.0193</b>	<b>4.92</b>	<b>0.0039</b>
<b>Puits 7</b>	<b>0.0496</b>	<b>6.05</b>	<b>0.0082</b>
<b>Puits 8</b>	<b>0.0365</b>	<b>2.96</b>	<b>0.0123</b>
<b>Puits 9</b>	<b>0.0496</b>	<b>5.69</b>	<b>0.0087</b>
<b>Puits 10</b>	<b>0.0344</b>	<b>8.57</b>	<b>0.0040</b>
<b>Puits 11</b>	<b>0.0532</b>	<b>3.28</b>	<b>0.0162</b>
<b>DEV</b>	<b>0.0327</b>	<b>1.80</b>	<b>0.0181</b>
<b>RAF</b>	<b>0.0602</b>	<b>4.72</b>	<b>0.0127</b>
<b>ENIP</b>	<b>0.0401</b>	<b>2.93</b>	<b>0.0137</b>

**Résultats des analyses de Sr et Ca dans les eaux de la plaine de Skikda (2005)**

N°	Nature	Coordonnées		Altitude (m)	Nhs m	Cote Piézoélectrique	Usage	Nom
1	Oued	877.2	405.89					-
2	Oued	878.2	404.92					-
3	Oued	877.9	403.6					-
4	Oued	877.77	402.3					-
5	Oued	848.4	400.95					-
6	Oued	879.22	400.89					-
7	Oued	880.17	399.6					-
8	Puits	877.53	404.1	5.6	4.10	1.5	Irrigation	P1
9	Puits	878.31	401	12	1.20	10.8	Irrigation	P2
10	Puits	878.31	401	13.75	4.10	9.65	Irrigation	P3
11	Puits	879.7	400.89	15	5.20	9.7	Irrigation	P4
12	Puits	879.41	400.7	14.8	2.50	12.3	Irrigation	P5
13	Puits	879.44	401.91	10.3	1.80	9.5	Irrigation	P6
14	puits	879.31	401.82	14.4	2.2	12.2	L'industrie	P7
15	Puits	879.4	401.5	11.8	1.90	9.90	L'industrie	P8
16	Puits	879.39	401.48	11.3	1.90	9.4	L'industrie	P9
17	Forage	879.7	104.48	13.7	2.20	11.5	L'industrie	P10
18	Puits	879.7	401.34	13.4	2.10	11.3	L'industrie	P11
19	Piézomètre	878.62	404.85	6.9	1.5	2.4		/
20	Piézomètre	876.62	403.11	3.9	1.6	2.3		/
21	Piézomètre	880.05	405.58	7.5	5.9	1.6		/
22	Piézomètre	880.58	405.46	4.6	2.2	2.4		/
23	Piézomètre	880.68	404.58	9.1	2.6	6.5		/
24	Piézomètre	878.62	403.11	8.8	2.4	6.4		/
25	Piézomètre	878.62	403.82	8.2	4	4.2		/
26	Piézomètre	879.83	402.64	13.3	5.8	7.5		/
27	Puits	879.45	403.5	15	/	/	L'industrie	DEV
28	Forage	879.9	405.65	5	/	/	L'industrie	RAF
29	Forage	879.3	405.5	6	/	/	L'industrie	ENIP

Tableau d'inventaire des points d'eau vallée de Safsaf (d'après l'ANRH de Constantine).

<b>N points</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Cl</b>	<b>SO4</b>	<b>HCO3</b>	<b>NO3</b>	<b>R S</b>	<b>C E (us/cm)</b>	<b>PH</b>
135	192	90	378	27	744	104	678	13	2063	2580	6.9
173	43	10	53	25	83	61	102	18	397	528	6.7
G1	14	11	170	13	200	05	143	13	546	588	6.9
113	45	11	50	06	103	50	50	23	497	583	6.7
G2	73	56	262	09	436	0	307	23	1152	1532	6.8
O Maboun	104	36	142	03	241	14	344	13	901	1077	6.7
69	41	18	116	09	150	56	132	17	430	640	6.8
G5	104	33	216	03	369	05	342	18	824	1245	6.8
O Kebir	184	362	2602	95	5070	27	263	19	3566	1430	6.8
G3	29	09	43	02	67	06	99	20	164	323	6.7
05	36	14	50	10	116	07	61	24	-	686	7.2
Ain Ras el oued	23	02	31	02	42	04	57	15	-	248	7.6
Ain Mrabcut Ali	46	01	32	05	77	05	54	17	-	283	7.6
Ain Meklem	20	09	41	10	68	06	54	17	-	332	7.6
07	30	04	36	03	61	08	64	10	-	303	7.4
06	22	06	52	08	80	03	63	16	-	355	7.5

**Tableau des analyses chimiques des eaux du massif dunaire de Guerbez (2001).**

<b>N points</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Cl</b>	<b>SO4</b>	<b>HCO3</b>	<b>NO3</b>	<b>R S</b>	<b>C E (us/cm)</b>	<b>PH</b>
<b>P10</b>	<b>64</b>	<b>34</b>	<b>284</b>	<b>03</b>	<b>475</b>	<b>07</b>	<b>195</b>	<b>16</b>	<b>1790</b>	<b>1530</b>	<b>6.7</b>
<b>P7</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>03</b>	<b>62</b>	<b>06</b>	<b>65</b>	<b>20</b>	<b>246</b>	<b>271</b>	<b>6.8</b>
<b>P6</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>03</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>264</b>	<b>7.6</b>
<b>P15</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>106</b>	<b>03</b>	<b>122</b>	<b>03</b>	<b>228</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>644</b>	<b>6.7</b>
<b>P5</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>113</b>	<b>04</b>	<b>142</b>	<b>31</b>	<b>115</b>	<b>25</b>	<b>264</b>	<b>464</b>	<b>6.7</b>
<b>Ain Ma Abiod</b>	<b>07</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>02</b>	<b>49</b>	<b>06</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>195</b>	<b>7.7</b>
<b>Ain Krédidja</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>27</b>	<b>04</b>	<b>48</b>	<b>&lt;96</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>288</b>	<b>244</b>	<b>6.7</b>
<b>04</b>	<b>26</b>	<b>02</b>	<b>38</b>	<b>05</b>	<b>48</b>	<b>&lt;96</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>287</b>	<b>371</b>	<b>6.6</b>
<b>129</b>	<b>29</b>	<b>04</b>	<b>26</b>	<b>03</b>	<b>39</b>	<b>02</b>	<b>89</b>	<b>19</b>	<b>148</b>	<b>235</b>	<b>6.7</b>
<b>93</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>122</b>	<b>01</b>	<b>114</b>	<b>77</b>	<b>135</b>	<b>15</b>	<b>412</b>	<b>585</b>	<b>6.7</b>
<b>87</b>	<b>42</b>	<b>06</b>	<b>30</b>	<b>03</b>	<b>55</b>	<b>&lt;96</b>	<b>66</b>	<b>16</b>	<b>310</b>	<b>352</b>	<b>6.7</b>
<b>98</b>	<b>62</b>	<b>11</b>	<b>121</b>	<b>08</b>	<b>155</b>	<b>08</b>	<b>227</b>	<b>14</b>	<b>523</b>	<b>730</b>	<b>6.7</b>
<b>G4</b>	<b>14</b>	<b>07</b>	<b>29</b>	<b>03</b>	<b>40</b>	<b>&lt;96</b>	<b>49</b>	<b>20</b>	<b>133</b>	<b>215</b>	<b>6.7</b>
<b>50</b>	<b>64</b>	<b>39</b>	<b>187</b>	<b>04</b>	<b>390</b>	<b>15</b>	<b>122</b>	<b>19</b>	<b>934</b>	<b>1160</b>	<b>6.8</b>
<b>03</b>	<b>49</b>	<b>09</b>	<b>23</b>	<b>07</b>	<b>34</b>	<b>01</b>	<b>156</b>	<b>21</b>	<b>-</b>	<b>348</b>	<b>7.5</b>

**Tableau des analyses chimiques des eaux du massif dunaire de Guerbez (2001).**

*Analyses Forages, Barrages  
et  
Oueds*

**Résultats d'analyse (ANRH Constantine 2005)**

- Forage Azzaba (98-2003)
- X : 893090 (m)
- Y : 390100
- Profondeur : 15(m).

<b>années</b>	<b>turb</b>	<b>No2</b>	<b>Nh4</b>	<b>Po4</b>	<b>No3</b>	<b>cond.</b>	<b>Cl</b>	<b>So4</b>
<b>98/99</b>	1,19	0,01	0,001	0,26	52	1050	210	100
<b>99/00</b>	1,31	0,01	0,003	0,22	65	1010	250	180
<b>00/01</b>	1,10	0,02	0,004	0,22	61	1085	150	200
<b>01/02</b>	0,75	0,01	0,02	0,18	41	950	200	90
<b>02/03</b>	0,98	0,02	0,04	0,11	59	1009	180	70

- Forage Ramdane Djamel (98/2003).
- X : 875150 (m).
- Y : 391110 (m).
- Profondeur : 30 (m).

<b>années</b>	<b>turb</b>	<b>No2</b>	<b>Nh4</b>	<b>Po4</b>	<b>No3</b>	<b>cond</b>	<b>Cl</b>	<b>So4</b>
<b>98/99</b>	2	0,01	0,60	0,6	50	1200	250	300
<b>99/00</b>	3	0,01	0,55	0,5	60	1050	245	310
<b>00/01</b>	2	0,01	0,44	0,4	60	1050	220	320
<b>01/02</b>	0,8	0,02	0,15	0,1	50	1060	219	450
<b>02/03</b>	0,6	0,05	0,20	0,3	45	1300	260	400

- Forage Tamalous (98/2003).
- X : 851200
- Y : 399510 (m).
- Profondeur : 20 (m).

<b>années</b>	<b>turb</b>	<b>No2</b>	<b>Nh4</b>	<b>Po4</b>	<b>No3</b>	<b>cond</b>	<b>Cl</b>	<b>So4</b>
<b>98/99</b>	1,5	0,01	0,2	0,5	9	1100	100	200
<b>99/00</b>	2,5	0,01	0,4	0,4	10	1090	90	250
<b>00/01</b>	2	0,05	0,2	0,3	20	1000	95	400
<b>01/02</b>	0,7	0,009	0,02	0,2	20	1000	98	350
<b>02/03</b>	1	0,009	0,02	0,4	25	980	105	300

### Résultats d'analyse des eaux des quatre barrages :(2002/2003 Environnement Skikda)

barrages	cond	No3	No2	Nh4	po4	DCO	DBO5	O2 (%)
Zitemba	881	24	0,71	1,41	2,07	66,75	4,83	68
	950	30	0.05	1.02	1.20	1,4	5.10	96,2
Zerdazas	1160	2,5	0,01	0,02	0,41	25,50	4,9	78
	1050	8.5	0,01	0,04	0,26	15	2,5	77,3
Guenitra	826	3	0,01	0,01	0,11	19	2,9	70
	870	021.5	0.02	0.02	0,45	2,9	2	72,5
Benizid	850	20	0.01	0.04	0.75	30	3.8	60.5
	890	25	0.02	0.05	0.70	26	5	65

### Résultats d'analyse des eaux des oueds : (2003/2004, Environnement Skikda 2005)

oueds	PH	O2	cond	sal	DCO	Po4	DBO5	No3	No2	Nh4
Guebli	7,26	1,55	640	0,1	23,4	0.3	6.4	48	0.80	1.40
	7,18	6,09	1120	0,3	11,3	0.2	11	36.4	0.77	1.03
kebir	8,02	4,05	970	19,6	11,31	1.5	5.3	52	0.40	2.30
	7,25	7,04	1164	0,2	27,4	1.02	6	60.8	0.29	2.01
Safsaf	7,84	0,6	354	2.1	13.80	2.30	10.5	7050	1.50	3.00
	8,08	4,73	434	2	19,7	2.44	13	72.40	1.20	2.88

### Analyses des eaux des trois oueds (2001/2004 Environnement, EPEDEMIA, ANRH de Skikda 2005)

Safsaf	2001	2002	2003	2004
Oxygène %	75	60	55	60
PO <sub>4</sub>	0.26	0.24	2.30	2.44
NO <sub>3</sub>	9.92	9.67	70.50	72.40
NO <sub>2</sub>	0.02	0.01	1.50	1.20
NH <sub>4</sub>	0.6	0.05	3	2.88
DBO <sub>5</sub>	3.71	6.7	10.5	13
DCO	20.33	34.43	13.80	19.7

Guebli	2001	2002	2003	2004
Oxygène %	70	75	68	70
PO <sub>4</sub>	0.34	0.33	0.30	0.20
NO <sub>3</sub>	10.92	12.80	48	36.4
NO <sub>2</sub>	0.08	0.02	0.80	0.77
Nh4	0.323	0.44	1.40	1.03
DBO <sub>5</sub>	3.34	3.5	6.4	11
DCO	28.9	30.24	23.4	11.3

Kebir Ouest	2001	2002	2003	2004
Oxygène %	60	65	55	60
PO <sub>4</sub>	2.96	2.27	1.5	1.02
NO <sub>3</sub>	22.36	21.29	52	60.8
NO <sub>2</sub>	0.59	0.21	0.40	0.29
NH <sub>4</sub>	4.3	7.2	2.30	2.01
DBO <sub>5</sub>	5.82	6.63	5.3	6
DCO	64.09	60.86	11.31	27.4