

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA-



جامعة باجي مختار- عنابة

Faculté des Sciences de la Terre

Année 2008

Département de Géologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

**RESSOURCES EN EAU ET GESTION INTEGREE  
DANS LE BASSIN VERSANT DU SAF-SAF  
(NORD-EST ALGERIEN)**

Option

*HYDROGÉOLOGIE*

Par :

**KHELFAOUI Fayçal**

(Ingénieur d'État)

Directeur de Mémoire : Mr. ZOUINI D. M.C. U.B.M. Annaba

Soutenu Publiquement Le 21 Avril 2008 Devant Le Jury

Présidente:	M <sup>elle</sup> . ASSASSI F.	M.C. U.B.M.	Annaba
Examineurs :	Mr. DERRADJI F.	M.C. U.B.M.	Annaba
	Mr. CHAFFAI H.	M.C. U.B.M.	Annaba

# **RESSOURCES EN EAU ET GESTION INTÉGRÉE DANS LE BASSIN VERSANT DU SAF-SAF (NORD-EST ALGERIEN).**

## **Résumé**

Gérer efficacement et équitablement les ressources en eau est l'un des défis les plus importants auxquels le bassin du Saf-Saf doit faire face, surtout avec les enjeux liés à la gestion de la ressource en eau qui ne cessent à croître en importance sous le double effet de la croissance démographique et de l'augmentation des besoins par habitant. Ainsi que l'eau étant menacée par sa rareté, le gaspillage, la pollution et la grande sollicitation des secteurs agricole et industriel.

Occupant la partie centrale de la wilaya de Skikda, le bassin du Saf-Saf s'étend sur une superficie de 1158 Km<sup>2</sup>, avec une population de près de 460 milles habitants (49 % de la population totale de la wilaya).

En matière de potentialités hydriques, la moyenne pluviométrique atteint les 660 mm/an sur l'ensemble du bassin, traduisant un apport globalement très important de l'ordre de 765 millions de m<sup>3</sup> par an. Ce potentiel est malheureusement se trouve confronté à d'importants problèmes de gestion de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant le volume de mobilisation à moins de 50 millions de m<sup>3</sup> par an.

Outre, le bassin dans sa partie aval est purement dominé par l'industrie pétrochimique polluante, favorisant une dégradation accélérée et continue de la qualité des eaux superficielles et souterraines. Ainsi qu'une pollution agricole dans la plaine du Saf-Saf n'est pas à exclure.

Vue cette situation, parait angoissante, nous essayons pour la première fois d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le bassin, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion actuelle de l'eau, en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques, et éviter des lendemains catastrophiques.

## **Mots Clés:**

Gestion intégrée, bassin versant du Saf-Saf, ressources en eau, pollution, potentialités hydriques, besoins, écosystèmes aquatiques.

## **WATER RESOURCES AND INTEGRATED MANAGEMENT IN THE SAF-SAF BASIN ( NORTH-EAST OF ALGERIA)**

### **Abstract**

To manage efficiently and fairly water resources is one of the most important challenges to which the Saf-Saf basin must make face, especially with the stakes bound to the management of the water resource that stops to grow per capita in importance, under the double effect of the demographic growth and the increase of the needs. As well as, water being threatened by its rarity, waste, the pollution and the big solicitation of the agricultural and industrial sectors.

Occupying the central part of the Skikda area, the Saf-Saf basin spreads on a surface of 1158 Km<sup>2</sup>, with a population of meadows of 460 thousands inhabitants (49% of the total population of the Skikda area).

Concerning water potentialities, the middle pluviometric reaches the 660 mm per year on the whole basin, translating a contribution globally very important of the order of 765 millions m<sup>3</sup> per year. This potential is unfortunately is confronted to important problems of management and the maintenance of the hydraulic works put in place, reducing the volume of mobilization to less of 50 millions m<sup>3</sup> per year.

Besides, the basin in his part swallows is dominated merely by the polluting petrochemical industry, encouraging an accelerated and continuous deterioration of the quality of the superficial and ground waters. As well as an agricultural pollution in the plain of the Saf-Saf is not to exclude.

Seen this situation, decorated agonizing, we try for the first time to apply the concepts of an integrated and sustainable management of water resources, while being based on a quantitative and qualitative diagnosis of the water potentialities in the basin, to manage and put the big axes of this new vision that have for objective to improve the present management of water, while encouraging a better harmonization between the various needs and interests of the human communities and those of the aquatic ecosystems, and to avoid of the catastrophic following days.

### **Key words:**

Integrated management, the Saf-Saf basin, water resources, pollution, water potentialities, needs, aquatic ecosystems

## الموارد المائية و التسيير المتكامل في مصب حوض الصفصاف (الشمال الشرقي الجزائري).

### ملخص

يعتبر التسيير الفعال و العادل للموارد المائية، أحد أكبر التحديات التي يواجهها حوض الصفصاف، خاصة مع الرهانات المتعلقة بتسيير المياه، التي ما قتئت تنزايد تحت التأثير المضاعف للنمو الديموغرافي، و تنامي إحتياجات السكان للمياه. كذلك كون الماء أصبح مهددا بالندرة، التبذير، التلوث و الإلحاح الكبير للقطاعين الفلاحي و الصناعي. مد تلة المنطقة الوسطى لولاية سكيكدة، يتربح حوض الصفصاف على مساحة تقدر بـ: 1158 كم<sup>2</sup>، يقطنه حجم سكاني يزيد عن 460 ألف نسمة. (حوالي 49 % من إجمالي سكان الولاية).

فيما يتعلق بالكمونيات المائية، يقدر معدل التساقط السنوي على كافة الحوض بـ: 660 مم، مترجما حصيلة جد معتبرة تزيد عن 765 مليون م<sup>3</sup>. لكن لسوء الحظ، يواجه هذا الكمون العديد من مشاكل تسيير و صيانة المنشآت القاعدية المائية، منقصة حجم التعبئة إلى أقل من 50 مليون م<sup>3</sup>. علاوة على ذلك، سيطرة الصناعة البيتروكيميائية الملوثة على مهبط الحوض، محفزة بذلك التدني المتسارع و المستمر لنوعية المياه السطحية و الباطنية. زيادة على التلوث الفلاحي في سهل الصفصاف و الذي لا يمكن أيضا إستثناؤه. نظرا لهذه الوضعية المقلقة، نداول و لأول مرة تطبيق مفاهيم التسيير المتكامل و المستديم للموارد المائية في حوض الصفصاف، إعتقادا على تشخيص كمي و نوعي لهذه الموارد، من أجل وضع المحاور الكبرى لهذه النظرة الجديدة، التي تهدف إلى تحسين التسيير الحالي للمياه، و العمل على إنجاح التوافق بين مختلف حاجيات و مصالح الناس و كذلك الأنظمة البيئية المائية، من أجل تفادي غد كارثي.

### الكلمات المفتاحية :

التسيير المتكامل، مصب حوض الصفصاف، الموارد المائية، التلوث، الكمونيات المائية، الإحتياجات، الأنظمة البيئية المائية.

## *Remerciement*

A la fin de ce travail, je ne manque d'adresser mes sincères Remerciements à mon dieu le grand créateur qui m'a guidé dans mes pas pour arriver à ce niveau.

- La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le support constant de mon encadreur Mr Zouini Derradji. Je désire lui adresser un merci tout particulier, ses précieux commentaires et ses conseils pertinents m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes inhérentes au processus de recherche et à l'élaboration de ce mémoire.

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail, auxquelles je dois avec plaisir, présenter mes remerciements.

- Je voudrais également remercier les membres de jury, pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre mon travail.

- Je tiens aussi à remercier messieurs : Amar Chemaï, Farid Boudji, Azziz Boutata, Karoui Abd Rahmane, et mademoiselle Souad de l'ADE ....

- Je ne peux jamais oublier les gens avec lesquels j'ai partagé les merveilleux moments durant le cycle de formation: Fethi, Salim, Faouzi, Tarek, Nabil, Hakim, Mouloud, Housseem, Abd el Malek, Walid, Houcine, Abd Slam..., je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensemble et aussi pour leur soutien durant tous les moments difficiles.

- De même je suis très reconnaissant à ma promotion de Post Graduation d'Hydrogéologie et de Géosciences.

- Je voudrais également remercier mes enseignants au département de Géologie de l'Université de Annaba, ainsi que le chef de département.

- Je remercie toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

- Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tous.

*Fayçal Khelfaoui*

## *DÉDICACE*

*A:*

- *Mon père et ma mère*
- *Mon frère et mes soeurs*
- *Tous les gens que j'aime et qui m'aiment*

Je dédie ce travail . . . .

***FAYÇAL KHELFAOUI***

## Liste des Acronymes

**ABH** : Agence des Bassins Hydrographiques.

**ADE** : Algérienne des Eaux.

**ANBT** : Agence Nationale des Barrages et de Transfert.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**BNEDER** : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.

**BV** : Bassin Versant.

**DD** : Développement Durable.

**DHW** : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.

**DPAT** : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire.

**DSA** : Direction des Services Agricoles.

**DUH** : Direction d'Urbanisme et d'Habitat.

**FIDA** : Fond International du Développement Agricole.

**GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau.

**IRD** : Institut de Recherche en Développement.

**IWRM** : Integrated Water Resource Management.

**MRE** : Ministère des Ressources en Eau.

**ONA** : Office National d'Assainissement.

**ONEDD** : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable.

**ONID** : Office National d'Irrigation et de Drainage.

**ONM** : Office National de Météorologie.

**ONS** : Office National de Statistiques.

**ORSTOM** : Office des Recherches Scientifiques et Technologiques d'Outre Mer.

**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SDAGE** : Schéma Directeur de l'Aménagement et de Gestion des Eaux

**PDE** : Plan Directeur de l'Eau

## Liste des Figures

Fig.1.	Carte de situation géographique du bassin versant du Saf-Saf.....	4
Fig.2.	Carte du découpage administratif communal dans le bassin versant du Saf-Saf.....	7
Fig.3.	Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques dans le bassin versant du Saf-Saf.....	11
Fig.4.	Carte des pentes du bassin versant du Saf-Saf.....	14
Fig.5.	Carte du Réseau Hydrographique du Bassin Versant du Saf-Saf.....	17
Fig.6.	Carte Lithologique du bassin versant du Saf-Saf.....	28
Fig.7.	Carte géologique de la région de Skikda extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien (D'après J.M.VILA. 1978).....	29
Fig.8.	Carte du réseau d'observation pluviométrique dans le bassin du Saf-Saf.....	32
Fig.9.	Variation interannuelle des précipitations (1970/71-2005/06).....	36
Fig.10.	Moyenne des précipitations mensuelles (1970/71 – 2005/06).....	38
Fig.11.	Répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06).....	39
Fig.12.	Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Skikda (1970-2006).....	41
Fig.13.	Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Zardézas (1987/88-2005/06).....	41
Fig.14.	Diagramme Ombro-Thermique à la Station de Skikda (1970/71-2005/06).....	42
Fig.15.	Diagramme Ombro-Thermique à la Station d'El Harrouch (1970/71-2005/06).....	42
Fig.16.	Carte des polygones de Thiessen du bassin versant du Saf-Saf.....	45
Fig.17.	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2005/06).....	48
Fig.18.	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station d'El Harrouch (1970/71-2005/06).....	49
Fig.19.	Variations interannuelles des débits moyens et maximaux à la station de Khémakhem (1973 – 2002).....	57
Fig.20.	Variations mensuelles des débits interannuels moyens et maximaux à la station de Khémakhem (1973 – 2002).....	59
Fig.21.	Profil hydrogéologique schématique de la nappe alluviale du Saf-Saf. (NW-SE).....	62
Fig.22.	Profil hydrogéologique schématique de la nappe alluviale du Saf-Saf. (SW-NE).....	63
Fig.23.	Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine alluviale du Saf-Saf (Mai 2005).....	65
Fig.24.	Carte piézométrique de la nappe alluviale du Saf-Saf (Mai 2005).....	67
Fig.25.	Répartition du potentiel hydrique dans le bassin du Saf-Saf.....	73

Fig.26	Répartition des ressources mobilisables dans le bassin du Saf-Saf.....	74
Fig.27.	Répartition des ressources mobilisées dans le bassin du Saf-Saf.....	74
Fig.28.	Taux de mobilisation des ressources en eau de surface dans le bassin du Saf-Saf.....	75
Fig.29.	Taux de mobilisation des ressources en eaux souterraines dans le bassin du Saf-Saf.....	76
Fig.30.	Affectation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	77
Fig.31.	Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans le bassin du Saf-Saf. (2006)....	78
Fig.32.	Variation des concentrations de quelques éléments chimique en Amont et en aval de l'oued Saf-Saf (Mai 2005).....	80
Fig.33.	Variation interannuelle des matières organiques et oxydables et quelques paramètres dans le barrage de Zardézas (2000-2006).....	81
Fig.34.	Variation interannuelle des matières azotées et phosphorées dans le barrage de Zardézas (2000-2006).....	82
Fig.35.	Diagramme de Piper pour les eaux souterraines de la partie amont du bassin du Saf-Saf (Octobre 2005).....	83
Fig.36.	Diagramme de Piper pour les eaux souterraines de la partie Aval du bassin du Saf-Saf (plaine alluviale de Skikda, Mai 2005).....	85
Fig.37.	Carte d'inventaire des points de prélèvements en amont et en aval du bassin du Saf-Saf.....	86
Fig.38.	Rejets d'eaux usées urbaines dans le milieu naturel dans le bassin du Saf-Saf....	88
Fig.36.	Rejets d'eaux usées industrielles dans le bassin du Saf-Saf.....	89
Fig.40.	Irrigation et agriculture intensive dans le périmètre du Saf-Saf.....	90
Fig.41.	Carte de Vulnérabilité de la plaine alluviale du Saf-Saf (H. Chaffai et Al. 2006. Modifiée).....	92
Fig.42.	Evolution de production en eau potable pour la ville de Skikda ( à la Station de traitement Hamadi Krouma 1996-2006).....	98
Fig.43.	Alimentation en eau dans le milieu rural à partir des sources captées en amont du bassin du Saf-Saf.....	99
Fig.44.	Graphe de Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le bassin versant du Saf-Saf. (2000-2030).....	101
Fig.45.	Schéma directeur et principe de distribution de l'eau dans le périmètre irrigué du Saf-Saf.....	104
Fig.46.	Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf (2000-2030).....	107
Fig.47.	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans le bassin du Saf-Saf (2000-2030).....	108
Fig.48.	Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030).....	112
Fig.49.	Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030).....	113

Fig.50.	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans le bassin du Saf-Saf : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées. (D'après S. Treyer. 2005 Modifiée).....	119
Fig.51.	Schéma récapitulatif de la confrontation "Besoins/Ressources" dans le bassin du Saf-Saf.....	121
Fig.52.	Facteurs influençant les ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	122

## Liste des Tableaux

Tab.1.	Données des populations des communes du bassin du Saf-Saf.....	3
Tab.2.	Altitudes des Reliefs dans le bassin versant du Saf-Saf.....	8
Tab.3.	Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Saf-Saf.....	10
Tab.4.	Tableau Récapitulatif des caractéristiques morphométriques du bassin versant du Saf-Saf.....	15
Tab.5.	Stations pluviométriques fonctionnelles dans le bassin du Saf-Saf.....	31
Tab.6.	Vitesse moyenne des vents à la station de Skikda (1970/71 – 2005/06) .....	33
Tab.7.	Moyennes mensuelles de l'humidité relative (1970/71 – 2005/06).....	34
Tab.8.	Répartition annuelle des précipitations (1970/71 – 2005/06).....	35
Tab.9.	Précipitations moyennes mensuelles et saisonnière : Seltzer (1913-1938).....	37
Tab.10.	Moyenne des précipitations mensuelles (1970/71 – 2005/06).....	38
Tab.11.	Répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06).....	39
Tab.12.	Moyennes mensuelles des températures en (1970-2006).....	40
Tab.13.	Calcul de la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen.....	43
Tab.14.	Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2005/06).....	47
Tab.15.	Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station d'El Harrouch (1970/71-2005/06).....	47
Tab.16.	Les différentes composantes du bilan hydrique Khemakhem (1973 – 2002).....	51
Tab.17.	Variations interannuelles des débits moyens et maximaux à la station de Khemakhem.....	56
Tab.18.	Les débits mensuels interannuels : Moyens et maximaux à la station de Khemakhem (1973/74 – 2001/02).....	58
Tab.19.	Récapitulatif de l'estimation de la lame d'eau écoulée et le bilan d'écoulement à la station de Khémakhem (1973-2002).....	59
Tab.20.	Les différentes retenues collinaires dans le bassin versant du Saf-Saf.....	71
Tab.21.	Potentiel hydrique global dans le bassin du Saf-Saf.....	72
Tab.22.	Répartition des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	73
Tab.23.	Variation spatiale de quelques éléments chimique dans les eaux de l'oued Saf-Saf (Mai 2005).....	79
Tab.24.	Evolution des débits rejetés et la DBO <sub>5</sub> en fonction de la population dans la ville de Skikda (1998-2006).....	87
Tab.25.	Types de polluants et volumes d'eaux usées rejetés de quelques unités de la zone industrielle pétrochimique de Skikda.....	89

Tab.26	Quantités d'engrais et de produits phytosanitaires délivrées dans quelques communes du bassin du Saf-Saf.....	90
Tab.27.	Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans le bassin du Saf-Saf (2006).....	96
Tab.28.	Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le bassin versant du Saf-Saf.....	100
Tab.29.	Présentation physique du périmètre irrigué du Saf-Saf.....	102
Tab.30.	Assolements des cultures dans le périmètre irrigué du Saf-Saf.....	103
Tab.31.	Ressources en eau et dotations théoriques pour l'irrigation du périmètre du Saf-Saf.....	105
Tab.32.	Evolution des superficies irriguées et des volumes d'eau distribués dans le périmètre du Saf-Saf (1992-2007).....	106
Tab.33.	Besoins en eau de la totalité du périmètre du Saf-Saf.....	107
Tab.34.	Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf (2000-2030).....	108
Tab.35.	Besoins et consommation en eau de la zone industrielle pétrochimique de Skikda (2006).....	110
Tab.36.	Besoins et consommation en eau des unités industrielles agro alimentaire et autres dans le bassin du Saf-Saf.....	111
Tab.37.	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans le bassin du Saf-Saf (1998-2030).....	111
Tab.38.	Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030).....	113
Tab.39.	Tarification de l'eau des différentes catégories d'usages dans le bassin du Saf-Saf.....	116
Tab.40.	Tarification par tranche de la catégorie des abonnés ménages.....	117
Tab.41.	Evaluation des nombres d'abonnés du bassin du Saf-Saf pour le 1 <sup>er</sup> trimestre 2007 .....	117
Tab.42.	Besoins en eau globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030).....	119

## Table des Matières

<i>Introduction Générale</i> .....	1
------------------------------------	---

### 1<sup>ère</sup> Partie:

## **ANALYSE DU BASSIN VERSANT DU SAF-SAF**

### *Chapitre I : PORTRAIT DU BASSIN VERSANT DU SAF-SAF*

I. La description du bassin versant.....	2
I.1. La localisation et la superficie.....	2
I.1.1. Aperçu Socio-économique.....	3
I.1.1.1. Le Contexte Démographique du bassin du Saf-Saf.....	3
I.1.1.2. Le Contexte Agricole.....	5
I.1.1.3. Le Contexte Industriel.....	5
I.1.2. L'organisation administrative.....	6
I.1.3. La géomorphologie générale et le chevelu hydrographique du bassin du Saf-Saf.....	8
I.1.3.1. Les ensembles morpho-structuraux du bassin.....	8
I.1.3.2. Le chevelu hydrographique .....	9
I.2. Les Caractéristiques Physiques.....	9
I.2.1. Les Caractéristiques Morphométriques.....	9
I.2.1.1. La superficie .....	9
I.2.1.2. La forme du bassin .....	9
I.2.1.3. Les Dimensions du Rectangle Equivalent.....	10
I.2.1.4. La répartition des tranches d'altitudes et Courbe Hypsométrique.....	10
I.2.1.5. Indices de pente et le relief .....	12
I.2.1.6. Les classes des Pentes.....	12
a) Les pentes faibles (moins de 3 %).....	12
b) Les pentes moyennes (3 – 12,5 %).....	12
c) Les pentes fortes (12,5 – 25 %).....	13
d) Les pentes très fortes (plus de 25 %).....	13



6. Les grés et les conglomérats .....	23
II.2.1.2. Les formations favorables au développement d'aquifères Karstiques .....	23
a. Les calcaires à nummulites .....	23
b. Les argiles gréseuses et le calcaire.....	23
c. Les marnes et les calcaires .....	24
d. Les calcaires liasiques .....	24
e. Les calcaires dolomitiques.....	24
f. Les calcaires cristallins (cipolins) .....	24
II.2.2. Les formations non favorables au développement d'aquifère.....	24
a. Les argiles noires.....	24
b. Les formations métamorphiques des terrains primaires.....	24
1. Les schistes et les phyllades.....	24
2. Les schistes micacés.....	24
3. Les schistes granulitisés (gneiss).....	24
4. Les micaschistes granulitisés (gneiss schisteux).....	24
II.3. La tectonique du bassin .....	25
II.4. La paléogéographie du bassin .....	25
II.4.1 La longue période de sédimentation du Secondaire au Tertiaire.....	25
a) Le Trias.....	25
b) Le Jurassique .....	26
1. Le Lias supérieur.....	26
2. Le Malm.....	26
c) Le Crétacé .....	26
II.4.2. La mise en place des volumes montagneux date de la fin du Tertiaire...	26
II.4.3. Le Quaternaire .....	27
Conclusion .....	27

## *Chapitre II : CARACTERISTIQUES*

### *HYDROCLIMATOLOGIQUES DU BASSIN*

Introduction .....	30
I. L'équipement hydro-pluviométrique du bassin .....	30
II. Les paramètres météorologiques déterminants .....	33
II.1. Le régime des Vents .....	33

II.2. L'humidité relative de l'air.....	33
II.3. Les Précipitations .....	34
II.3.1. La répartition interannuelle des précipitations.....	34
II.3.2. La répartition moyenne mensuelle et saisonnière des précipitations.....	37
II.3.2.1. La période ancienne de P. Seltzer (1913-1938) Station de Skikda et d'El Harrouch.....	37
II.3.2.2. La période récente des Stations de Skikda, El Harrouch, Ramdane Djamel et de Zardézas : (1970-1971 / 2005-2006).....	37
a. Les précipitations moyennes mensuelles (1970/71 – 2005/06) .....	37
b. La répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06).....	39
Conclusion.....	40
II.4. Les Températures.....	40
II.5. Le diagramme Ombro-thermique ( $P = 2T$ ) .....	42
II. 6. La détermination de la lame d'eau précipitée.....	43
II. 6.1. La moyenne arithmétique des stations.....	43
II. 6.2. La moyenne de Thiessen.....	43
III. La bilan d'eau.....	46
III.1. Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. Thornthwaite.....	46
III.2. Le calcul de l'ETR par la méthode de Turc.....	50
a. La station de Skikda.....	50
b. La station d'El Harrouch.....	50
III.3. Le calcul du Ruissellement (R).....	50
a. La station de Skikda.....	50
b. La station d'El Harrouch.....	50
III.4. Estimation du bilan hydrique.....	51
a. La station de Skikda.....	51
b. La station d'El Harrouch.....	51
Conclusion .....	52

### *Chapitre III : CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES DU BASSIN*

I- L'Hydrologie du bassin.....	53
I.1- L'étude de l'écoulement superficiel.....	53

I.1.1- Présentation .....	54
I.1.2- L'hydrographie.....	54
I.2. Les débits moyens annuels et leur variabilité .....	54
I.2.1. Les fluctuations interannuelles .....	54
I.2.2. Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues).....	55
I.3. Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux .....	58
I.4. L'évaluation de la lame d'eau écoulée et le bilan d'écoulement.....	59
Conclusion .....	60
II. Les Caractéristiques Hydrogéologiques du bassin.....	61
Introduction.....	61
II.1. Les horizons aquifères .....	61
II.1.1. L'aquifère poreux .....	61
II.1.2. L'aquifère Karstique .....	61
II.1.3. L'aquifère à système binaire.....	61
II.2. Les profils hydrogéologiques.....	62
II.3. L'inventaire des points d'eau.....	64
II.4. L'étude de la piézométrie de l'aquifère superficiel.....	66
II.4.1. Les limites de l'aquifère superficiel.....	66
II.4.2. La piézométrie .....	66
II.4.3. L'alimentation de l'aquifère superficiel.....	66
Conclusion.....	68

## 2<sup>ème</sup> Partie:

# **RESSOURCES EN EAU ET GESTION INTEGREE DANS LE BASSIN DU SAF-SAF**

## *Chapitre IV : DIAGNOSTIC QUANTITATIF ET QUALITATIF DES RESSOURCES EN EAU*

Introduction.....	69
I. Le Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	69
I.1. Les potentialités hydriques dans le bassin du Saf-Saf.....	69

I.1.1. Le potentiel hydrique superficiel .....	70
a. Les oueds.....	70
b. Les barrages.....	70
c. Les retenues collinaires.....	70
d. Le dessalement de l'eau de mer.....	71
I.1.2. Le potentiel hydrique souterrain.....	71
a. Les forages.....	72
b. Les puits.....	72
c. Les sources.....	72
I.2. La mobilisation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	72
I.2.1. La mobilisation des eaux de surface.....	75
I.2.2. La mobilisation des eaux souterraines.....	76
I.3. L'affectation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	77
II. Le Diagnostic qualitatif des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.....	79
II.1. Le Chimisme et la qualité des eaux dans le bassin du Saf-Saf.....	79
II.1.1. La qualité des eaux de surface dans le bassin du Saf-Saf.....	79
II.1.2. La qualité des eaux souterraines dans le bassin du Saf-Saf.....	82
II.2. La vulnérabilité du bassin à la pollution.....	87
II.2.1. Les différents types de pollutions dans le bassin du Saf-Saf.....	87
II.2.1.1. La pollution urbaine.....	87
II.2.1.2. La pollution industrielle.....	88
II.2.1.3. La pollution agricole.....	90
II.2.2. La carte de vulnérabilité de la nappe alluviale du Saf-Saf ; application de la méthode DRASTIC.....	91
Conclusion.....	93

## *Chapitre V : BESOINS, UTILISATIONS*

### *ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN*

Introduction.....	94
I. L'alimentation en eau potable (AEP).....	95
I.1. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable.....	95
I.1.1. L'eau potable en milieu urbain.....	97
I.1.2. L'eau potable en milieu rural.....	98
I.2. Les besoins et les demandes en eau potable futurs; Essai de Prospective.....	100
II. L'alimentation en eau d'irrigation (AEA).....	102

II.1. Le périmètre irrigué du Saf-Saf; Présentation physique.....	102
II.2. Les besoins et l'alimentation en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf.....	105
II.3. Les superficies irriguées et les volumes d'eau distribués dans le périmètre du Saf-Saf.....	105
II.4. La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation.....	107
Conclusion.....	109
III. L'alimentation en eau industrielle (AEI).....	109
III.1. Les ressources en eau pour l'industrie.....	109
III.1.1. L'industrie pétrochimique.....	109
III.1.2. Les industries agro alimentaires et autres.....	110
III.2. Les besoins futurs en eau industrielle.....	110
Conclusion.....	112
IV. Les besoins en eaux globales dans le bassin du Saf-Saf.....	112
Conclusion.....	114

## *Chapitre VI : PLANIFICATION ET GESTION*

### *INTEGREE DES EAUX DANS LE BASSIN*

Introduction.....	115
I. La tarification et le prix de l'eau.....	116
I.1. La tarification de l'eau industrielle et domestique.....	116
I.2. La tarification de l'eau d'irrigation.....	118
II. La confrontation "Besoins/ Ressources" en eaux dans le bassin du Saf-Saf.....	118
III. Les facteurs influençant la gestion des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf .....	122
IV. Les contraintes et les défis à relever par la gestion intégrée des eaux dans le bassin du Saf-Saf.....	123
IV.1. Assurer un approvisionnement en eau potable en quantité suffisante et en qualité satisfaisante aux moindres coûts.....	123

IV.2. Assurer la sécurité de la population et réduire les dommages causés par les inondations.....	124
IV.3. Assurer la conservation et la restauration des écosystèmes aquatiques et le milieu naturel.....	125
IV.4. Gestion des données et amélioration des connaissances dans le secteur de l'eau.....	125
Conclusion .....	126
<i>Conclusion générale et Recommandations</i> .....	127
Références bibliographiques.	
Annexes.	

# INTRODUCTION

## GENERALE

---

Longtemps considérée exclusivement comme un bien économique, la ressource en eau a connu une gestion ponctuelle et sectorielle. Face aux limites de cette gestion, se développe une gestion intégrée et territoriale en parallèle à l'émergence des dimensions environnementales et patrimoniales de la ressource. L'intégration de ces dimensions dans la gestion économique de l'eau conduit à de nouvelles approches et à de nouveaux territoires. Elle consacre ainsi, à toutes les échelles, l'irrésistible retour du bassin versant dans les politiques de l'eau. Le recours au bassin versant comme un cadre d'intégration des projets hydrauliques et comme unité de gestion territoriale est donc un principe du développement durable.

La gestion de l'eau par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau, en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques. Elle intègre la protection de la santé publique, la sécurité des populations et de leur bien (inondations), la protection de la faune et de la flore et la restauration des habitats. De plus, elle vise un partage équitable des ressources en eau entre les différents usagers, dans une perspective de développement durable.

A l'heure actuelle, ce mode de gestion de l'eau est en vigueur dans de nombreux pays. En Algérie, il y a près de 15 ans que l'ensemble des acteurs de l'eau a pris conscience de la nécessité de réformer le système général de la gestion de l'eau. Les notions de base de cette gestion intégrée de l'eau ont été introduites en 1996, et depuis on ne cesse de parler de l'économie de l'eau, le schéma directeur de l'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et la participation citoyenne (concertation). Deux outils ont été installés également à savoir : les agences de bassins hydrographiques et les comités de bassins. Un fond national de gestion est mis également à la disposition des acteurs de l'eau pour l'exécution de ses missions. Des réformes institutionnelles importantes ont aussi été engagées plus récemment :

- Création d'un ministère spécifique des ressources en eau (1999) ;
- Création de l'Algérienne des Eaux (ADE) et de l'Office National de l'Assainissement (ONA).

Donc gérer efficacement et équitablement est l'un des défis les plus importants auxquels l'Algérie doit faire face, surtout avec les enjeux liés à la gestion de la ressource en eau qui ne cessent de croître en importance, sous le double effet de la croissance démographique et de l'augmentation des besoins par habitant. Ainsi que l'eau étant menacée par sa rareté, le gaspillage et la grande sollicitation des secteurs agricole et industriel. C'est dans ce contexte que doivent se prendre les décisions politiques pour constituer un instrument efficace favorisant une recherche dynamique et innovante au profit d'une vision moderne de gestion du précieux liquide, en évitant des lendemains catastrophiques.

Dans ce cadre, notre étude sur le bassin versant du Saf-Saf a pour objectif, l'identification des caractéristiques du bassin, la quantification de ses ressources en eau (superficielles et souterraines), pour arriver à la fin de mettre les grands axes d'une gestion durable et rationnelle des ressources en eau dans le bassin.

# 1<sup>ère</sup> Partie :

## **ANALYSE DU BASSIN VERSANT DU SAF-SAF**

*Bien qu'il s'agisse d'un objet géographique présenté comme naturel, le **Bassin Versant** n'en demeure pas moins une forme de découpage de la nature qui renvoie toujours à une vision particulière du territoire et de sa finalité. Puisqu'il s'apparente à l'exercice du pouvoir et à sa délimitation, le découpage du territoire, aussi naturel soit-il, n'est pas neutre et s'apparente à un acte d'objectivation de celui-ci. Le bassin versant constitue donc le lieu d'appréhension non seulement de la problématique de l'eau, mais aussi d'un ensemble d'autres questions territoriales concomitantes pouvant être associées à l'eau.*

*L'adoption du **Bassin Versant** comme espace de référence de la gestion intégrée des eaux imprime certaines caractéristiques à la démarche d'intervention. Il renvoie essentiellement à une structure hydro-géo-morphologique du territoire, qui peut, en théorie, englober des raisonnements et des analyses diverses.*

# CHAPITRE : I

## PORTRAIT DU BASSIN VERSANT DU SAF-SAF

---

### **1. La description du bassin versant**

#### **1.1. La localisation et la superficie**

Le bassin versant du Saf-Saf, appartient au bassin côtier constantinois n° 3 (d'après les cahiers des Agences de Bassins Hydrographiques), il se situe entre le bassin de l'oued Guebli à l'Ouest et celui de l'oued Kebir ouest à l'Est. Il est limité au Sud par Djebel El Hadjar et Djebel Oucheni, à l'Est par Djebel El Alia et Djebel Tengout, à l'Ouest par les massif de Collo et Djebel Boukhallouf, et la mer méditerranéenne au Nord où se déverse le principal cours d'eau de ce bassin à l'Est de la ville de Skikda, drainant une surface de 1158 km<sup>2</sup>.

Le bassin du Saf-Saf est inscrit dans le territoire de la wilaya de Skikda, qui s'étendant sur une superficie de 4137 km<sup>2</sup>. Elle est située au Nord Est de l'Algérie. Au Sud sa limite naturelle (chaîne numidienne) se confond avec sa limite administrative (wilaya de Constantine), au Nord la wilaya de Skikda est limitée par la mer méditerranée, à l'Est par le massif de l'Edough (wilaya de Annaba) et à l'Ouest par la wilaya de Jijel.

### I.1.1. Aperçu Socio-économique

#### I.1.1.1. Le Contexte Démographique du bassin du Saf-Saf

La wilaya de Skikda regroupe 38 communes, dont la majorité en zones montagneuses, les agglomérations se concentrent autour des communes situées dans les plaines telles que: Skikda, Azzaba et El Harrouch.

Le bassin du Saf-Saf occupe la partie centrale de la wilaya, six daïras appartiennent à ce bassin; Skikda, El Hadaeïk, Ramdane Djamel, El Harrouch et une partie de Sidi Mezghiche et Azzaba, sans oublier une partie de la commune de Zighoud Youcef qui fait partie de la wilaya de Constantine.

L'étude démographique dans un bassin hydrographique pose un problème de zonage, car les données sont collectées dans la plupart des cas selon les limites administratives.

Le bassin du Saf-Saf ne fait pas exception ; selon les projections de 2006, basées sur le recensement de 1998, la population du bassin du Saf-Saf est de **464 153<sup>(1)</sup>** Habitants, soit 49,15 % de la population totale de la wilaya de Skikda, avec un taux de croissance démographique moyen annuel de l'ordre de 2,31 %.

Les agglomérations des Daïra de Skikda (210 218 hab) et El Harrouch (136 115 hab) qui regroupent à elles seules 74,6 % de toute la population du bassin du Saf-Saf, constituent les deux principaux pôles urbains dans le bassin.

Tableau.1. Données des populations des communes du bassin du Saf-Saf

Wilaya	Daïra	Commune	Nombre de Population 1998 ( hab)	Nombre de Population 2006 ( hab)	Milieu de Résidence	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité (hab/km <sup>2</sup> )
Skikda	Skikda	Skikda	155 680	186 877	Urbain	56,36	3315
		Mamadi Krouma	18 805	23 341	Urbain	36,78	635
	El Hadaeïk	El Hadaeïk	12 288	14 715	Rural	50,80	290
		Bouchtata	9 126	10 964	Rural	112,50	97
	Ramdane Djamel	Ramdane Djamel	23 488	28 378	Urbain	115,74	245
		Beni Bachir	8 455	10 182	Rural	43,25	235
	El Harrouch	El Harrouch	41 649	50 002	Urbain	101,80	491
		Salah Bouchaour	25 933	31 230	Rural	93,00	336
		Emjez Eddchich	16 757	20 246	Rural	76,88	263
		Zardézas	12 258	14 893	Rural	101,65	147
	Sidi Mezghiche	Oueled hbaba	7 959	9 562	Rural	199,07	48
		Sidi Mezghich	21 070	25 396	Rural	94,50	269
		Aïn Bouziane	8 381	10 115	Rural	75,90	133
	Azzaba	El Ghédir	6 145	7 428	Rural	46,25	161
		Es Sebt	15 890	19 043	Rural	244,15	78
Constantine	Zighoud.Y	Zighoud Youcef	1484	1781	Urbain	115,80	330
<b>Total</b>			<b>385 368</b>	<b>464 154</b>			

Source. La DPAT de Skikda

<sup>(1)</sup> ; (D'après RGPH, DPAT et ONS)

RGPH: Recensement Général de Population et d'Habitat.

DPAT: Direction de Planification et d'Aménagement de Territoire.

ONS: Office National de Statistiques.

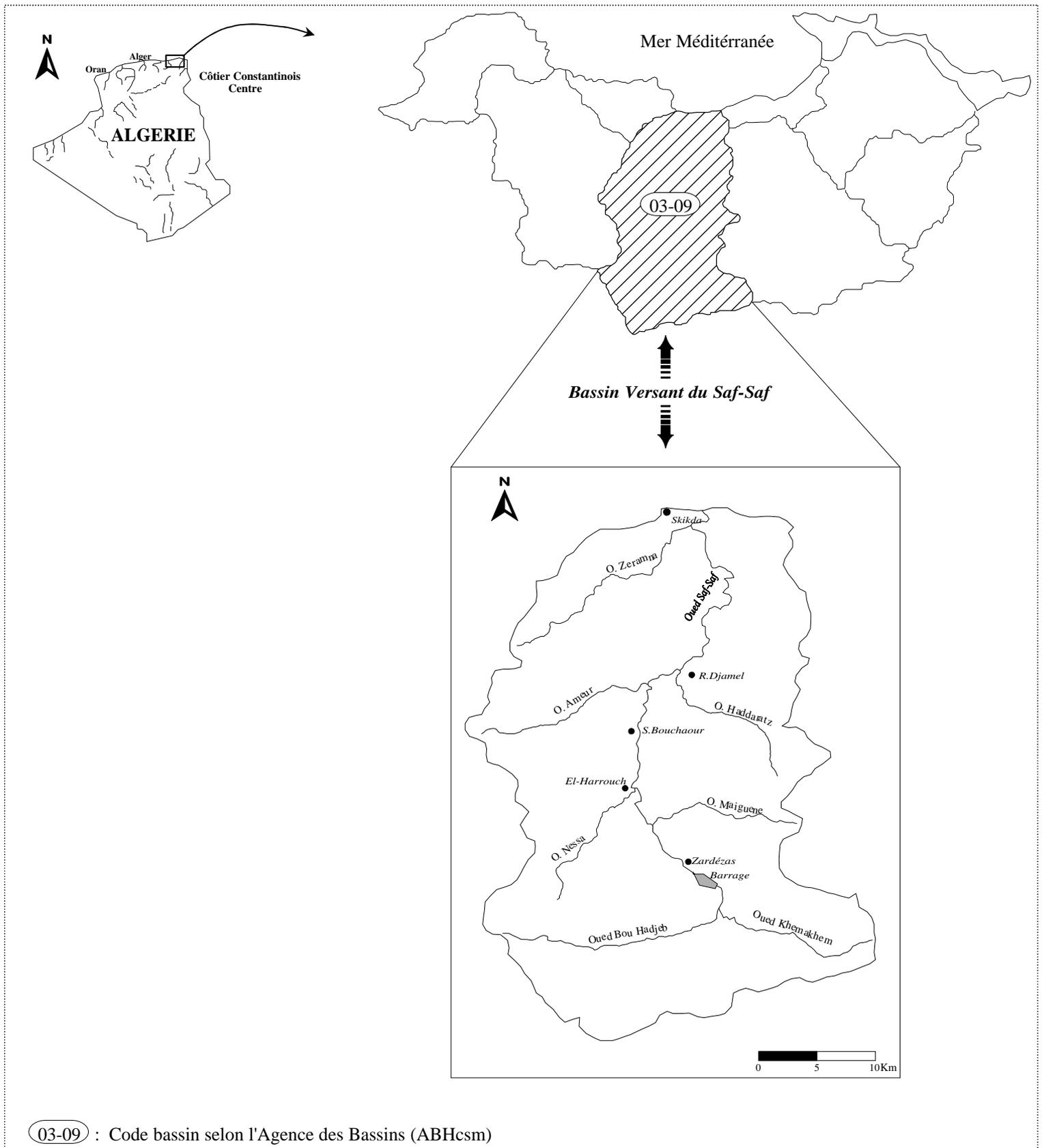


Figure.1. Carte de Situation Géographique du Bassin Versant du Saf-Saf

### **I.1.1.2. Le Contexte Agricole**

La wilaya de Skikda est une région à vocation agricole, avec une surface de 193 179 ha, soit 46,68 % de la surface totale de la wilaya. (DPAT Skikda 2006).

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

Le périmètre du Saf-Saf, le plus important périmètre dans la wilaya de Skikda avec une surface de 5654 ha, soit 65 % de la surface du périmètre irrigué dans la wilaya.

Il contient quatre secteurs, alimentés à partir des deux barrages; Zardézas et de Guénitra. Les quatre secteurs sont répartis comme suit:

- le secteur 1 : secteur de Skikda (1720 ha).
- le secteur 2 : secteur entre Salah Bouchaour et Ramdane Djamel (1609 ha).
- le secteur 3 : secteur d' El Harrouch (1023 ha).
- le secteur 4 : secteur de Emjez Edd Chich (1302 ha).

Parmi les cultures prédominantes nous citerons: les céréales, les légumes secs, les agrumes (agrumicultures) et les cultures maraîchères.

### **I.1.1.3. Le Contexte Industriel**

L'activité industrielle dans la wilaya de Skikda est fortement concentrée autour des grandes agglomérations telles que; Skikda, Azzaba et el Harrouch.

Dans le bassin du Saf-Saf, l'aval est purement dominé par l'industrie pétrochimique du groupe Sonatrach au niveau de la zone industrielle située à 4 km de la ville de Skikda, contenant les différents complexes:

- Le complexe de Liquéfaction du gaz naturel (GL 1/K).
- Le complexe de Raffinage (RA 1/K).
- Le complexe des Matières Plastiques (CP 1/K).
- Transport des hydrocarbures, pétrole brut et de gaz naturel.
- La Centrale thermique.

Ajoutant à cela, la minoterie et la production des pâtes (ERIAD) à Hamadi Krouma. Cependant, la partie centrale du bassin du Saf-Saf est dominée par les industries agro-alimentaires, citant: la minoterie et semoulerie (ERIAD) à El Harrouch, et la conserverie de Ramdane Djamel.

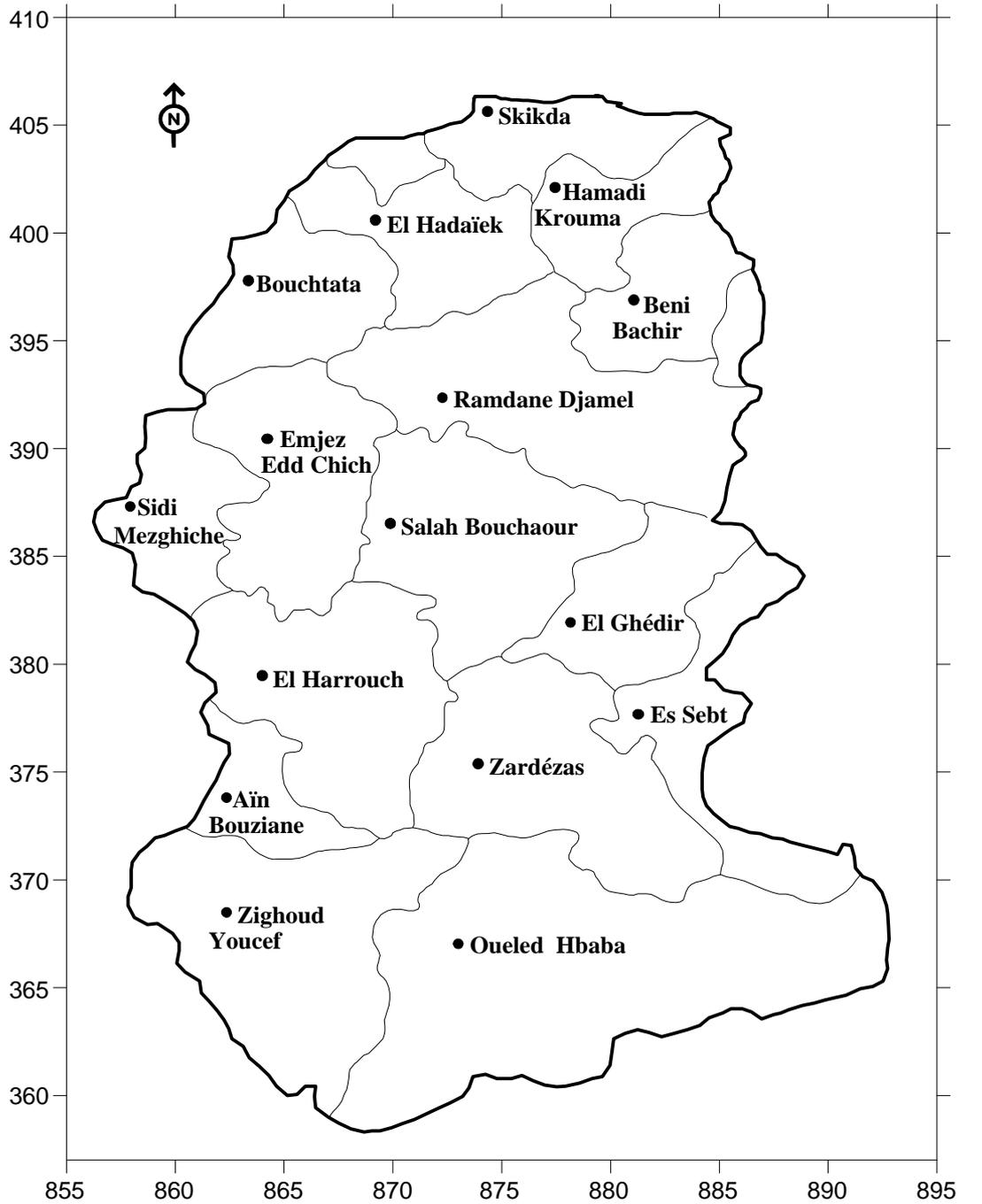
### **I.1.2 L'organisation administrative**

Sur le plan administratif, le bassin du Saf-Saf s'étend principalement sur la région centrale de la wilaya de Skikda. Il comprend six daïras, englobant seize (16) communes (11 communes rurales et 5 communes urbaines); Skikda, Hamadi krouma, El Hadaïek, Bouchtata, Ramdane Djamel, Beni Bachir, El Harrouch, Salah Bouchaour, Emjez Eddchich, Zardézas, Oueled Hbaba, El Ghédir, Es Sebt, Aïn Bouziane, Sidi Mezghiche et la commune de Zighoud Youcef qui fait partie de la wilaya de Constantine.

La commune de Skikda constitue le plus grand pôle urbain dans le bassin du Saf-Saf , avec un taux d'urbanisation<sup>(1)</sup> de 97,96 %, puis Hamadi Krouma avec un taux de 85,38 %, El Harrouch (67,73 %) et enfin Ramdane Djamel par 54,10 %.

---

<sup>(1)</sup> : Taux d'urbanisation = Population Urbaine / Population totale



**Légende :**

-  Limites du Bassin du Saf-Saf
-  Limites administratives des communes
-  Agglomération

Figure.2. Carte du découpage administratif communal dans le bassin versant du Saf-Saf.

### I.1.3. la Géomorphologie générale et le chevelu hydrographique du bassin du Saf-Saf

#### I.1.3.1. Les Ensembles morfo-structuraux du bassin

L'oued Saf-Saf est un des plus grands oueds du tell Nord Constantinois de direction Sud-Nord. Il prend naissance sur les pentes du Djebel Ouahch au Sud de la chaîne numidique qu'il traverse par une vallée étroite entre le Djebel Sesnou et Sebergoud, et gorge au passage de Zardézas.

Il draine une série de sous bassin : sous bassin de Zardézas, sous bassin de l'oued Nessa, sous bassin de l'oued Aneur, sous bassin de Zeramna, et le sous bassin de l'oued Haddarat, ensuite il traverse la plaine de Skikda.

1. Le sous bassin de Zardézas : d'une superficie de 322 km<sup>2</sup>, drainé par les oueds Khémakhem, Bou Adjeb et Khorfane, de forme allongé (Kc =1,26).
2. Le sous bassin de l'oued Nessa ( près d'El-Harrouch) : drainé par l'oued Nessa, ce bassin se trouve à une altitude de 80m, de forme triangulaire il est fermé au Nord par une ligne de relief culminant à 300m et au Sud à 800m et 821m.
3. Le sous bassin de l'oued Aneur (près de Emjez Ed chich) : il est isolé derrière des reliefs atteignant 150m à 200md'altitude.
4. Le sous bassin de l'oued Zeramna : de forme allongée drainé par l'oued Zeramna.
5. Le sous bassin de l'oued Haddarat : (près de Ramdane Djamel) drainé par l'oued Haddarat.
6. La plaine de Skikda : de forme triangulaire ayant pour sommet le débouché de la vallée du Saf-Saf. Elle est séparée de ces bassins par une ligne de reliefs de direction Nord-Est Sud Ouest.

Les reliefs ont généralement des altitudes faibles.

Tableau.2. Altitudes des Reliefs dans le bassin versant du Saf-Saf.

Nom du Relief	Altitude (m)	Nom du Relief	Altitude (m)
Kef Toumiètte Nord	883	Kef Serrak	530
Kef Toumiètte Sud	892	Kef M'souna	620
Djebel Bousatour	410	Djebel El Alia	659
Djebel El-Ghédir	698	Djebel Mekdoua	474
Kef Sebergoud	600	Djebel Goudi	319
Djebel Messiquene	353	Djebel Tefifra	236
Djebel Soubouyou	<b>225</b>	Djebel Tasselemt	540
Djebel Deirah	420	Djebel Tengout	649
Djebel Bougrina	426	Djebel Bargoug	310
Kef Hahouner	1023	Djebel Meliani	1111
Djebel El Hadjar	<b>1166</b>	Djebel El Oucheni	1028

### I.1.3.1. Le chevelu Hydrographique

La région de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau, à savoir : l'oued Kebir ouest à l'Est, l'oued Saf-Saf au centre, et l'oued Guebli à l'Ouest.

Le bassin versant du Saf-Saf est drainé par l'oued Saf-Saf, qui prend naissance au Sud de la chaîne Numidique à partir des deux oueds, Khémakhem et Bou Adjeb drainant une surface de 1158 km<sup>2</sup>.

L'oued Saf-Saf ne bénéficie pas des apports liquides provenant des deux oueds cités au dessus, car ils sont stockés par le barrage des Zardézas.

Notre secteur d'étude présente un chevelu hydrographique dense, constitué par des oueds permanents et des oueds temporaires. Au niveau de la plaine de l'oued Saf-Saf, les oueds temporaires sont peu nombreux. Les oueds permanents sont les affluents de la vallée Saf-Saf.

## I.2. Les Caractéristiques Physiques

### I.2.1. Les Caractéristiques Morphométriques

#### I.2.1.1. La superficie

Avec une superficie planimétrée de 1158 km<sup>2</sup> selon les données de l'A.N.R.H <sup>(1)</sup>, le bassin versant du Saf-Saf est le plus grand bassin des côtiers Constantinois (10 % de 11570 km<sup>2</sup>). Cette superficie est délimitée par une ligne de partage des eaux de 150 km étant le périmètre du bassin.

#### I.2.1.2. La forme du bassin

Cet élément peut être caractérisé par l'Indice de compacité de Gravelius  $K_C$ , ayant une influence certaine sur l'écoulement. La forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée.

La forme est exprimée par l'indice de compacité, qui correspond au rapport du périmètre  $P$  du bassin et sa surface  $A$ .

$$K_C = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 1.23$$

$K_C$  : Indice de Compacité de Gravelus.

$P$  : périmètre (km)

$A$  : superficie (km<sup>2</sup>)

Pour le bassin versant du Saf-Saf, l'indice  $K_C$  a été estimé à 1,23 ; Traduisant une forme allongée du bassin et c'est ce que les dimensions du rectangle équivalent confirment (52,82 et 21,92 km).

<sup>(1)</sup> : ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

### I.2.1.3. Les Dimensions du Rectangle Equivalent

Cette notion introduite par L.Roche en 1963, permet la comparaison des bassins versants entre eux, quant à l'influence de leurs caractéristiques physiques sur l'écoulement global. Quand l'indice de compacité est supérieur à 1.12, les dimensions du rectangle équivalent sont obtenues à l'aide des relations suivantes:

$$L_e = \frac{K_C \sqrt{S}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right] \quad l = \frac{K_C \sqrt{S}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right]$$

Avec:

$L_e$  : Longueur du rectangle équivalent en Km;

$l$  : Largeur du rectangle équivalent en Km;

$K_C$  : Indice de compacité ;

$S$ : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

Nous obtenons:

$$L_e = 52,82 \text{ km.}$$

$$l = 21,92 \text{ km}$$

### I.2.1.4. La répartition des tranches d'altitudes et la courbe hypsométrique

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle met en évidence le profil type du bassin et les pentes; facteur déterminant de l'écoulement. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par tranche d'altitude.

À partir de la carte topographique de Skikda (1 / 200 000), on a pu réaliser le tableau n° 3.

Tableau.3. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Saf-Saf.

Tranche d'Altitude (m)	Hauteur Moyenne Hi (m)	Surface Partielle Si (km <sup>2</sup> )	Surface Si Cumulée (km <sup>2</sup> )	Surface Partielle Si (%)	Surface Si Cumulée (%)
≤ 200	100	362,3	<b>1158</b>	31,29	<b>100</b>
200-400	300	286,0	795,7	24,70	68,71
400-600	500	255,5	509,7	22,06	44,01
600-800	700	156,8	254,2	13,54	21,95
800-1000	900	83,7	97,4	7,23	8,41
≥ 1000	1100	13,7	13,7	1,18	1,18
<b>Total du bassin versant</b>	-	<b>1158</b>	-	<b>100</b>	-

L'altitude moyenne du bassin du Saf-Saf, calculée à partir de la courbe hypsométrique (Fig 3) réalisée à partir du tableau n° 3 est de l'ordre de 388 m. cette valeur traduit une faiblesse relative de l'altitude, ou le diagramme des fréquences altimétriques fait ressortir la répartition par tranche d'altitude de la superficie du bassin, ainsi donc, Nous pouvons aisément constater les diverses altitudes caractéristiques du bassin.

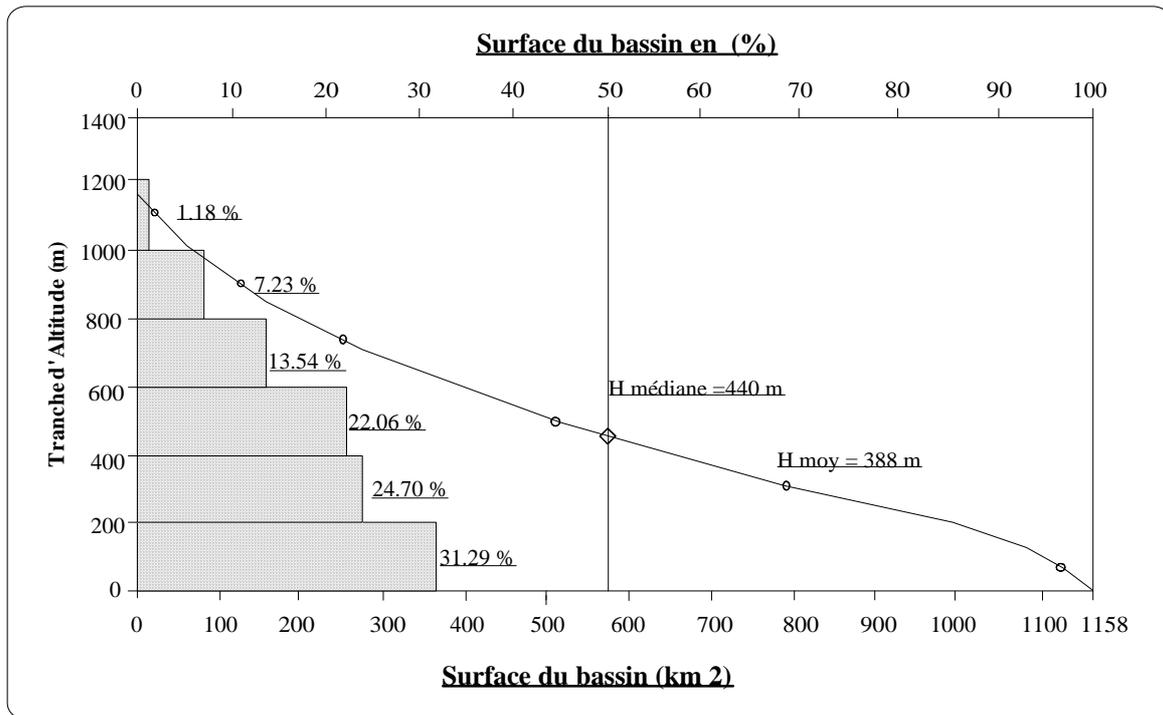


Figure.3. Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques dans le bassin versant du Saf-Saf.

Les secteurs d'altitude dépassant les 1000 m sont peu étendus dans le bassin (1,2 %) et correspondent aux montagnes situés au sud du bassin : Djebel El Hadjar (1166 m), Djebel Oucheni (1028 m) et Kef Hahouner (1023 m). Les zones d'altitudes comprises entre 600 et 1200 m couvrent 254,2 km<sup>2</sup>, soit environ 22% de la superficie totale et correspondent en majorité à la chaîne Numidique.

Par contre, les zones d'altitudes allant de 200 à 600 m couvrent une superficie de 540,8 km<sup>2</sup>, soit 46,7 % de la superficie totale et concernent l'encadrement des cotés de la vallée du Saf-Saf.

Enfin, la tranche d'altitudes inférieures à 200 m concerne largement la vallée du Saf-Saf et ses vallées affluentes, et s'étale sur une superficie de 362,3 km<sup>2</sup> soit 31,29 %.

### I.2.1.5. Les indices de pente et le relief

Ces indices permettent de caractériser les pentes d'un bassin versant et d'établir une classification des différents reliefs pour faire ensuite des comparaisons entre les différents bassins. L'appréhension du relief peut être faite à l'aide d'au moins deux indices.

#### Indice de pente global ( $I_g$ )

Cet indice présente l'avantage d'être très simple et facile à calculer. L'indice de pente global ( $I_g$ ), exprimé en m/km, est donné par le rapport de la dénivelée utile ( $D$ , en m); estimée à partir de la courbe hypsométrique; à la longueur du rectangle équivalent en km ( $L_e$ ), d'où:

$$I_g = \frac{D}{L_e}$$

La dénivelée utile ( $D$ ) est estimée, à partir de la courbe hypsométrique, par la différence des altitudes correspondant à 5 et 95% de la superficie totale du bassin étudié; altitudes dénotées, respectivement, par  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$ . Ceci dit que 90% de la superficie s'étend entre ces altitudes.

L'indice de pente global ' $I_g$ ' est estimé à 17,15 m / km, cela implique que le relief du bassin du Saf-Saf est *Moyen* ( $20 > I_g > 10$  – Selon la classification de l'O.R.S.T.O.M<sup>(1)</sup>: actuellement l'IRD<sup>(2)</sup>).

Mais pour classer le relief du bassin du Saf-Saf, il semble plus fiable de se baser sur la dénivelée spécifique ( $D_s$ ) au lieu de l'indice de pente global ( $I_g$ ), car ce dernier ne peut être signifiant qu'en cas des bassins de plus de 25 km<sup>2</sup> de superficie.

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{A}$$

La  $D_s$  estimée par 583,60 m traduit bien l'importance du volume montagneux, et de même les importantes dénivelées, et donne au relief du bassin du Saf-Saf la qualification de *Relief très fort* ( $D_s > 500$  m selon la classification de l'O.R.S.T.O.M). Ce relief fort, est un élément déterminant de la réaction du bassin vis-à-vis les pluies.

### I.2.1.6. Les classes des pentes

La pente topographique exprime l'inclinaison des versants par rapport à l'horizontal. C'est un facteur essentiel de l'écoulement de surface, car en effet ce dernier a tendance à avoir plus d'énergie cinétique et vive en présence des fortes pentes et dénivelées. Et par conséquent, elle assure une réponse hydrologique rapide et une dynamique érosive agressive.

Dans le bassin du Saf-Saf, on a pu faire ressortir quatre classes de pente (Fig.4).

**a) Les pentes faibles (moins de 3 %) :** coïncident avec une surface réduite et limitée à la vallée du Saf-Saf et la plaine de Skikda. C'est une zone de réception et de cumul hydrologique *fortement exposée au risque d'inondation*.

**b) Les pentes moyennes (3 – 12,5 %) :** fréquentes et couvrent la moitié du bassin, elles se localisent surtout à la partie méridionale et à l'Ouest du bassin; dépressions de Sidi Mezghiche, Ramdane Djamel et El Harrouch.

<sup>(1)</sup> : O.R.S.T.O.M : Office de Recherches Scientifiques et Technologiques d'Outre Mer.

<sup>(2)</sup> : IRD : Institut de Recherche en Développement.

c) **Les pentes fortes (12,5 – 25 %)** : occupent la partie Sud du bassin et présentent en général un relief accidenté ou aux piedmonts : piedmont du Djebel El Ghédir, Kef Msouna et Sebarvoud.

d) **Les pentes très fortes (plus de 25 %)** : correspondent aux montagnes plus ou moins enlevées. Se situent à l'Est et à l'Ouest dans les Gneiss et les schistes du socle kabyle ainsi qu'au Sud du bassin : les Toumièttes Nord et les Toumièttes Sud, le Kef Hahouner, le Djebel Sesnou et le Djebel Hadjar (1166 m) point culminant du bassin versant du Saf-Saf.

Cette classe de pente est fortement dominante dans le sous bassin de l'Oued Zeramna au nord du bassin. On peut également noter l'existence des ruptures de pente notamment au niveau des bassins de Ramdane Djamel, Salah Bouchaour et Beni Béchir, et cela peut aboutir à de brusques cumuls hydrologiques.

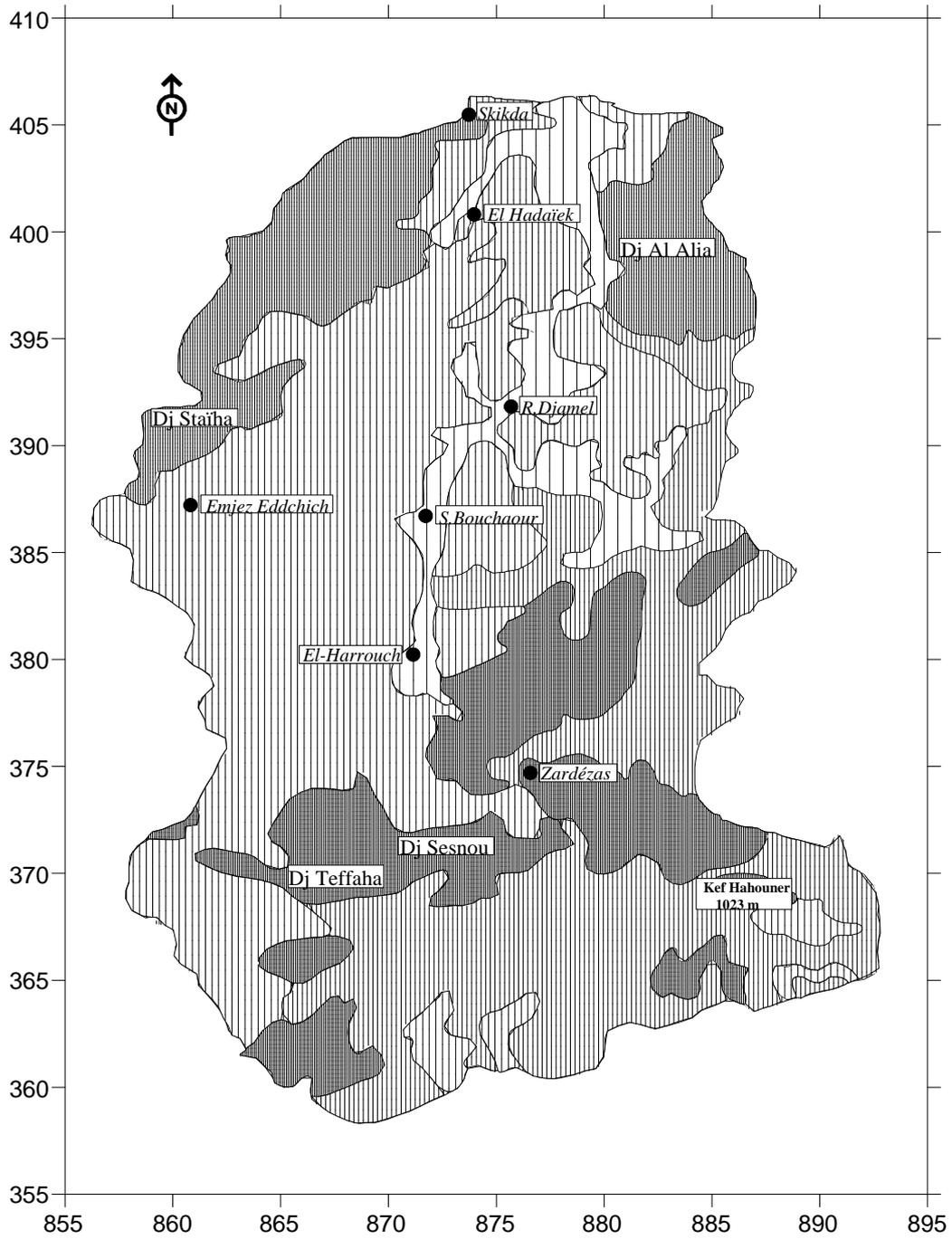
#### I.2.1.7. Le temps de concentration

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre; exprimé dans ce cas en heures; peut être estimé par la formule de Giandotti, applicable pour les bassins étendus à pentes plus ou moins uniformes:

$$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} = 13,87 \text{ h}$$

Dans laquelle  $L_p$  est la longueur (en km) du thalweg principal et  $H_{\text{moy}}$  et  $H_{\text{min}}$  sont, respectivement, les altitudes moyenne et minimale du bassin (en m).

On remarque que le temps de concentration est d'autant plus élevé que l'allongement du bassin est marqué. La lithologie et le couvert végétal influent également sur le temps de concentration en jouant le rôle d'entrave réduisant le ruissellement.



**Légende :**

- ▬▬▬▬ 0 - 3 % : Plaines et Plateaux
- ▮▮▮▮ 3 - 12.5 % : Bas piémonts
- ▧▧▧▧ 12.5 - 25 % : Hauts piémonts
- Plus de 25 % : Montagnes

**Echelle :**



Figure.4. Carte des pentes du bassin versant du Saf-Saf.

Tableau.4. Tableau Récapitulatif des caractéristiques morphométriques du bassin versant du Saf-Saf.

<b>Paramètres</b>	<b>Symboles</b>	<b>Unités</b>	<b>Bassin Versant du Saf-Saf</b>	<b>Sous Bassin de Zardézas</b>
<i>Superficie planimétrée</i>	<i>A</i>	Km <sup>2</sup>	1158	322
<i>Périmètre stylisé</i>	<i>P</i>	Km	150	81
<i>Indice de Compacité</i>	<i>K<sub>C</sub></i>		1.23	1.26
<i>Altitude moyenne</i>	<i>H moy</i>	m	388	628
<i>Altitude médiane</i>	<i>H 50%</i>	m	440	580
<i>Altitude maximale</i>	<i>Hmax</i>	m	1166	1166
<i>Altitude minimale</i>	<i>H min</i>	m	0	206
<i>Indice de pente globale</i>	<i>Ig</i>	m/km	17.15	22.30
<i>Classe de relief</i>	<i>R</i>	m/km	Fort	Assez fort
<i>Dénivelée spécifique</i>	<i>Dsp</i>	m	583.60	400.17
<i>Longueur du rectangle équivalent</i>	<i>L</i>	Km	52.82	29.6
<i>Largeur du rectangle équivalent</i>	<i>l</i>	Km	21.92	10.87
<i>Longueur du talweg principal</i>	<i>Lp</i>	Km	55	24
<i>Densité de drainage</i>	<i>Dd</i>	Km/km <sup>2</sup>	2.24	3.39
<i>Temps de concentration</i>	<i>Tc</i>	Heure	13 h 87	6 h 56

## **I.2.2. Le réseau hydrographique et ses caractères morphométriques**

### **I.2.2. 1. La constitution du réseau hydrographique**

La topographie contrastée, l'agressivité du climat, la lithologie tendre des terrains (marnes et argiles) et les pentes ont permis l'installation d'un réseau hydrographique dense.

Le bassin versant du Saf-Saf résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Bou Adjeb et l'oued Khemakhem où on a réalisé le barrage de Zardézas, il franchit la chaîne Numidique entre les monts M'souna (620 m) et Sébargoud (609 m), avant de se jeter en mer près de Skikda (Fig.5).

Le sous bassin versant de Zardézas, constitue l'unité principale dans l'alimentation du barrage. Il couvre une surface de 322 km<sup>2</sup> et est essentiellement drainé par trois principaux affluents :

- l'oued Khemakhem qui draine la partie Est.
- l'ouest Khorfane qui draine la partie Sud.
- l'oued Bou Adjeb qui draine la partie Ouest étant de plus grande surface.

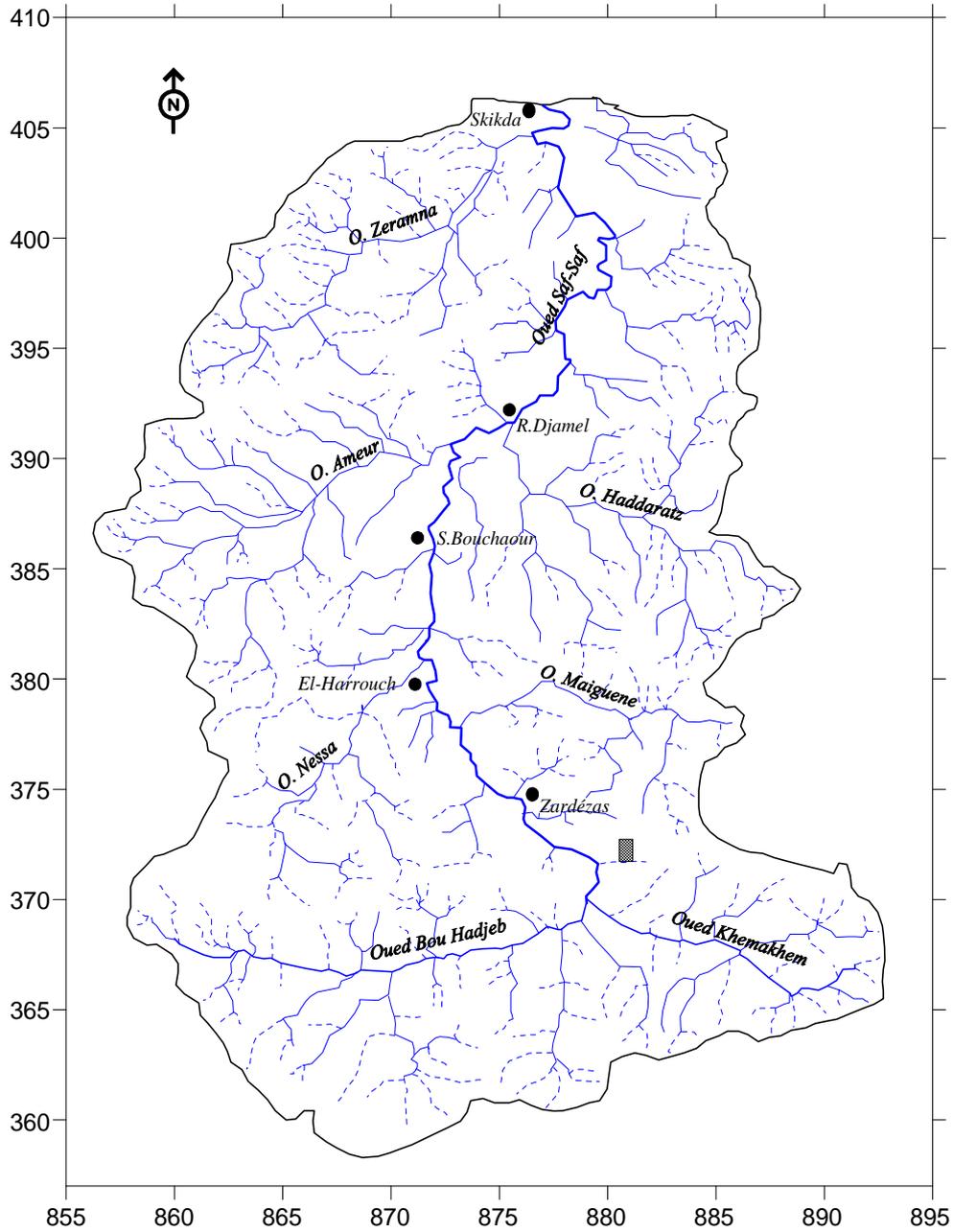
Dans la partie aval du barrage de Zardézas, l'oued Saf-Saf traverse le bassin versant de Ramdane Djamel dans une direction Sud-Est Nord-Ouest jusqu'à l'agglomération de Ramdane Djamel, puis suivant une orientation Nord-Ouest Nord-Est avant de se jeter dans la mer méditerranée.

Ainsi, l'oued Saf-Saf reçoit en rive droite et gauche les principaux oueds suivants :

- En rive gauche : l'oued Zeramna, l'oued Ameer et l'oued Nessa.
- En rive droite : l'oued Goudi, l'oued Haddaratz et l'oued Maignen.

Généralement, nous pouvons distinguer :

- \* Le bassin supérieur correspondant à l'oued Bou Adjeb et Khemakhem jusqu'à leur jonction au barrage de Zardézas.
- \* Le bassin inférieur qui coïncide avec l'Aval du barrage de Zardézas.



**Légende :**

-  Limite du bassin versant du Saf-Saf
-  Réseau hydrographique : Ecoulement permanent
-  Réseau hydrographique : Ecoulement temporaire
-  Agglomération
-  Station Hydrométrique

**Echelle :**

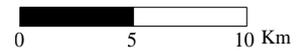


Figure.5. Carte du Réseau Hydrographique du Bassin Versant du Saf-Saf.

### **I.2.2.2. La relation entre la morphométrie et le réseau hydrographique**

L'interaction du climat, lithologie et relief ont généré un chevelu hydrographique particulièrement dense, cela est traduit par une densité de drainage ( $D_d$ ) assez élevée (2,24 km / km<sup>2</sup>). Certes, cette importance de drainage hydrologique n'a rien d'étonnant quand on sait que le temps de concentration du bassin, calculé à une loi de Giandotti ne dépasse pas les 14 heures.

Ces valeurs indiquent que les pluies précipitées vont être transformées en écoulement, et atteindre l'exutoire (plaine et ville de Skikda) au bout d'environ 14 heures.

Et vu la surface étendue du bassin (1158 km<sup>2</sup>), cette vitesse de mobilisation hydrique paraît assez rapide, et cela est dû aux caractères physiques du bassin précédemment discutés qui favorisent la réponse hydrologique.

### **Conclusion**

L'étude morphométrique met en évidence l'appartenance du bassin versant du Saf-Saf à un milieu de montagnes typiques du Tell Constantinois. Ce bassin est encadré donc par un relief accidenté, d'une altitude considérable ( $H_{\text{moy}} = 388 \text{ m}$ ), avec un relief qualifié très fort ( $D_s = 583,60 \text{ m}$ ), et de pentes importantes qui s'élèvent brutalement au dessus de la dépression d'El-Harrouch. Plus au Nord, la montagne plonge directement dans la mer, c'est le cas du massif de Aïn Zouit à l'Ouest de Djebel Filfila. Et cela s'effectue via un chevelu hydrographique dense ( $D_d = 2,24 \text{ Km/Km}^2$ ), aboutissant à une rapide mobilisation des eaux de surface ( $T_c = 13,87 \text{ h}$ ).

## **II. Le contexte géologique du bassin du Saf-Saf**

Le passif géologique du bassin versant du Saf-Saf se confond avec l'ensemble de la géologie Alpine de la petite Kabylie.

Sur le plan régional, on doit à J.F.RAOULT (1974), J.P.BOUILLIN (1977) et J.M.VILA (1980) les premières études complètes permettant d'identifier les ensembles structuraux de cette région.

L'immensité de sa taille (1158 Km<sup>2</sup>), et la complexité de sa structure ont fait que le bassin du Saf-Saf présente un grand ensemble morpho-structural.

Ainsi donc, il s'étend du piedmont sud tellien (au Sud), à la mer méditerranée (au Nord), il est respectivement limité à l'Est et à l'Ouest par les bassins versants du Seybouse et du Kébir Rhumel.

### **II.1. Le cadre géologique régional**

Les traits essentiels de la géologie de l'Algérie septentrionale sont individualisés à partir de deux principales manifestations tectoniques qui sont l'orogénèse Hercynienne et surtout Alpine.

Du point de vu structural, l'Algérie est caractérisée du Nord au Sud par :

- \* Le domaine des massifs primaires Kabyles.
- \* Le domaine Tellien.
- \* Le domaine de l'Atlas Saharien.
- \* Le domaine de la plate forme Saharienne.

Le secteur étudié fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien, on y distingue trois formations principales :

- Les terrains anciens formées essentiellement de roches métamorphiques.
- Les formations Tertiaires, essentiellement sédimentaires.
- Les formations Quaternaires, essentiellement alluvionnaires.

Le cadre structural du bassin est défini du Nord au Sud par la superposition de plusieurs unités qui sont :

- 1/ Le domaine interne : le socle kabyle, la dorsale calcaire.
- 2/ Le domaine médian : le domaine des flyschs.
- 3/ Le domaine externe : les séries Telliennes.

#### **II.1.1. Le domaine interne**

##### **II.1.1.1. Le socle kabyle : (Paléozoïque)**

On désigne à la suite de J.F.Raoult (1974), toutes les formations paléozoïques qui servent ou qui ont servi de substratum à la chaîne calcaire. Le socle Kabyle est constitué de trois ensemble superposés :

Deux ensembles métamorphiques et un ensemble principalement sédimentaire d'âge paléozoïque, affirmé également par D. Delga (1967) qui a montré que le métamorphisme du socle est antérieur au Silurien et que le socle est charrié avec une flèche de 30 Km environ sur les terrains mésozoïques et cénozoïques qui affleurent :

- En position diapirique à travers le socle à l'Ouest du terrain près de Ain Kechra.

- De Stora jusqu'au col de Staiha.
- Au Nord Est du terrain apparaît Djebel Safia (ultra tellien) en fenêtre sous le socle Kabyle d'après .D. Delga, (1967) ; J.F. Raoult (1974) et M. Villa (1980).
- La même constatation a été affirmée par d'autres auteurs concernant Djebel Filfla toujours au Nord-Est du terrain.
- Le socle kabyle affleure aussi au Sud d'El Harrouch et au Nord-Est de Ain Bouziane où il sert de base aux séries Eocène (grès et conglomérats).
- Et d'après J. D. Bouillin (1977), on le constate au Sud du terrain dans la chaîne numidique où il sert de base aux séries mésozoïques et cénozoïques calcaires de Kef Toumiette, Djebel Bouabed, Kef Msouna, et Kef Sebergoud.
- L'unité kabyle allochtone est bien développée à l'Est et à l'Ouest de Skikda.

### **II.1.1.2. La chaîne calcaire ou la dorsale kabyle** (âge Mésozoïque, Cénozoïque)

comme il est déjà indiqué, la dorsale kabyle est constituée essentiellement des formations carbonatées, dont la datation s'étend du Lias inférieur au Lutétien, développée sur près de 90 km d'Ouest en Est.

#### **II.1.1.2.1. La chaîne calcaire interne**

Aperçue dans la limite Sud du terrain, dont la sédimentation des calcaires massifs a été interrompue par la phase tectonique du Lutétien supérieur et forme les entablements de Kef Sebergoud et Kef Msouna, dans les quels s'est façonné un petit karst, remarqué également à Kef Toumiette Nord.

#### **II.1.1.2.2. La chaîne calcaire médiane**

Se rencontre à la limite Sud du terrain Djebel Bouabed. Les formations de la chaîne calcaire médiane à microfaune pélagique ne favorise pas la réalisation de belles formes karstiques contrairement à la chaîne calcaire interne.

#### **II.1.1.2.3. La chaîne calcaire externe**

Elle se rencontre à Djebel El Ghédir en forme de plateau de direction NNW-SSE, c'est un anticlinal coffré, constitué par une forte épaisseur de calcaires massifs du Lias inférieur de (100 à 400 m) et constitue la quasi-totalité de Djebel El Ghédir, dont la datation reste à définir. Cependant, sur les bordures du massif ils ont pu observé des formations détritiques du nummulitique qui repose en discordance sur les calcaires. Par ailleurs, la même constatation concernant les mêmes formations a été montré à Kef Msouna, Sebergoud et Kef Toumiette Sud.

Donc, il existe les restes d'une surface d'érosion d'âges nummulitique, qui a tronqué les sommets de la chaîne calcaire et nous explique la présence de surface plane sur ces massifs.

Au niveau de Kef Toumiette Sud et Sidi Driss ne permet pas d'attribuer ces calcaires à l'une des sous zone suscitée grâce au plan géomorphologique et le net développement du karst de Djebel Sidi Driss, on peut l'attribuer à la zone externe dont le Lias joue le rôle principale.

La zone externe constitue une zone de transition entre les flyschs mauritaniens et le domaine interne.

### **II.1.2. Le domaine des Flyschs**

Le flysch est caractérisé par des formations abyssales mises en place par des courants de turbidités ces formations ont été divisées en trois :

#### **II.1.2.1. Le flysch Mauritanien**

D'âge Néocomien - Lutétien, il existe en continuité avec la chaîne calcaire externe, jusqu' à présent il est difficile d'établir une nette coupure entre ce dernier et la zone externe

Il est observable sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss, riche de grès Albo -Aptien qui diminue, et laisse la place au bassin de Sidi Mezghich, creusé essentiellement dans les roches tendres ceci se traduit directement sur le paysage.

Le flysch mauritanien étant le plus rependue, est dominé par des calcaires microbréchiques renfermant des bancs de grès et des couches d'argiles, il affleure au Nord de Ain Bouziane et au Nord de Kef Hahouner .

#### **II.1.2.2. Le flysch Massilien**

Il est représenté de bas en haut par des flyschs argilo- quartziques de l'Albo-Aptien, brèches phtanites et des flyschs à micro brèches du Sénonien qui affleure sur de faibles étendues au Sud-Ouest de Kef Toumiette au Sud du barrage de Zardézas et sur le versant Nord de Djebel Sidi Driss et au col d'El Kantour, présenté par des bancs durs (grès et calcaire) très minces qui n'empêchent pas l'érosion de ces matériaux, dans lesquels se développent toutes les formes de glissement et de ravinement.

Le flysch Massilien présente une zone de transition entre le domaine des flyschs et le domaine externe des séries Telliennes.

#### **II.1.2.3. Le flysch Numidien (Oligocène moyen- Burdugalien)**

La nappe numidienne occupe les sommets des trois domaines cités dans cette partie, elle affleure au niveau de Zardézas, et constitue toutes les collines qui s'étend au pied de Kef Toumiette, celles qui sont entre le col des Oliviers et le Djebel Bougrina, au Kef Toumiette à Djebel Bouabed, vers l'Est autour du Djebel Tassellement et Tengout, ainsi qu'au niveau de la plupart des Koudiats au centre du bassin qui sont caractérisées par des séries gréseuses et des argiles sous numidiennes, on les a souvent appelées séries molassiques .

Il existe aussi dans la chaîne numidique, dans la région d'El Harrouch (Djebel Boussatour et Djebel Bougrina) et aussi à Sidi Mezghich où le phénomène de glissement et de ravinement est spectaculaire, nous rencontrons des alternances des roches dures et roches tendres .

### **II.1.3. Le domaine externe : Les séries Telliennes.**

Se sont des séries épaisses à dominances marneuses.

#### **II.1.3.1. Les séries ultra Telliennes**

Elles se caractérisent par un faciès essentiellement marneux avec quelques bancs de calcaire, ce qui donne des reliefs en général mous où les formes de glissement sont nombreuses, donc la position de ces bancs calcaireux sur les formations tendres donnent des escarpements qui sont poussés par le phénomène d'érosion, la superposition des roches tendres et roches dures apparaît au Kef Sidi Driss et Djebel Safia.

#### **II.1.3.2. Les séries Telliennes**

Elles sont inexistantes dans le Tell oriental, donc elles ne sont pas présentées dans notre terrain.

### II.1.3.3. Les séries pénis Telliene

Caractérisées par un faciès carbonaté attribuée auparavant aux monts néritiques Constantinois.

### II.1.4. Le Néritique Constantinois : (Jurassique- Crétacé supérieur)

Selon J.F. Raoult (1974), cette unité correspond à un ensemble monoclinale dirigé vers le Nord-Ouest, s'étend sur près de 160 Km d'Est en Ouest et de 80Km du Nord vers le Sud, constituée essentiellement par des formations carbonatées épaisses, affleurent au Kef Hahouner dont la base est dolomitique.

Cet aperçu structural nous a permis d'avoir une idée globale sur la position des différentes formations géologiques l'une par rapport à l'autre, ainsi que leur extension dans l'espace et dans le temps.

- Elle renseigne sur le phénomène de glissement dans la région de Djebel Sidi Driss et Sidi Mezghich.

- Peut apporter quelques renseignements sur la datation.

Elle va compléter l'étude de la tectonique ainsi que l'étude hydrogéologique : la détermination des formations susceptibles d'être aquifère, citant par exemple Kef Toumiette Nord où se développe des formes karstiques (chaîne calcaire interne) sur le socle imperméable métamorphique (d'après J. P. Bouillin 1977).

## II.2. La classification des formations géologiques selon leurs intérêts hydrogéologiques

Selon leurs appartenances lithologiques, les formations géologiques sont définies par des caractéristiques hydrogéologiques différentes, leur participation à l'alimentation des nappes souterraines et leur capacité d'emmagasiner des eaux est en fonction de leur perméabilité et leur épaisseur.

A partir de la nature lithologique du bassin nous avons identifié deux types de formations.

### II.2.1. Les formations favorables au développement d'aquifères : deux types

#### II.2.1.1. Les formations favorables au développement d'aquifères poreux

Ce sont des formations caractérisées par une perméabilité, comportant des vides interstitiels interconnectés, assimilables macroscopiquement à un milieu homogène et continu.

#### a) Les formations du Quaternaires

##### 1. Les alluvions

On distingue trois types:

- Alluvions actuels: limons du lit majeur de Saf-Saf, de Zeramna et de la plaine marécageuse formée par le confluent de ces deux oueds, représentées par des sables, des limons du lit moyen et des sables des plages .

- Alluvions récentes : d'âge Néoplatonicien, se sont des limons et des cailloux roulés du fond des vallées.

- Alluvions anciennes : nous avons :

- ✓ Pléistocène récent : ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés qui drainent de 15 à 20 m le lit de l'oued Saf-Saf et Zeramna.

- ✓ Pléistocène ancien : représentées par des terrasses de limons et cailloux roulés qui drainent 30 à 50 m le talweg du Saf-Saf à El Harrouch.

## 2. Les dunes anciennes

Rencontrées au Nord-Est de la plaine de Skikda le long de la cote, constituées par trois niveaux (inférieur, moyen et supérieur).

- Le niveau inférieur : atteint une altitude de 40 à 50 m, découpé par les alluvions récentes du Saf-Saf.
- Le niveau moyen : s'élève jusqu'à 80 m il est découpé par les alluvions anciennes.
- Le niveau supérieur : est développé sur les schistes paléozoïques, Ceci est observé en plein forêt de Djebel El Alia dans la partie Nord-Est du secteur d'étude.

### b) Formations du Tertiaire

#### 1. Les sables argileux

Rencontrés au Nord de Salah Bouchaour et à l'Est de Emjez Edd Chich, représente le terme supérieur la série Nummulitique de la région, avec des sables argileux jaunes ou gris.

#### 2. Les grés Numidiens

Ce sont des grés jaunâtres à grains fins, ils sont présents à divers niveaux des minces lits argileux sableux, ce faciès gréseux prédomine au Djebel Tfifra, à Ramdane Djamel à l'Est du bassin vers Kef Serrak.

#### 3. Les grés et les poudings

Les poudings sont formés de cailloux roulés de micaschistes, de gneiss et surtout de quartz filonien ou s'intercalent les assises gréseuses ou argileuses, la puissance de l'ensemble varie de 10 à 50m et il est bien développé au niveau de Dj Soubouyou, à machtat Sidi Amar au Nord Ouest de l'oued Aneur au Sud d'El Hadaïek.

#### 4. Les grés quartzeux

Développés au niveau de Djebel Sensnou au Sud et au Sud Ouest du barrage de Zardézas.

#### 5. Les argiles et les grés

Ce faciès prédomine au niveau du barrage de Zardézas.

#### 6. Les grés et les conglomérats

Existent à Koudiat El Fedjel à l'Est d'El Harrouch, Ce sont des grés jaunâtres et rougeâtres, souvent micacés intercalés de lits argileux et à la base des bancs de poudings.

### II.2.1.2. Les formations favorables au développement d'aquifères Karstiques

Elles sont caractérisées par une perméabilité en grand, et une lithologie différente du milieu poreux. Ces formations sont essentiellement carbonatées. Elles constituent un milieu hétérogène et discontinu où l'eau s'écoule à travers un réseau de fissures ouvertes interconnectées (conduite Karstique) à fonction collectrice ou distributrice avec l'existence possible de cavités de grande capacité.

#### a. Les calcaires à nummulites

Développés au niveau de Kef Sebergoud, de Kef Msouna et au Nord et Sud de Kef Toumienne.

#### b. Les argiles gréseuses et le calcaire

Ce sont des argiles brunes ou rosées qui renferment des alternances de grés jaune, de calcaires gréseux à nummulites et de brèches à petits éléments.

**c. Les marnes et les calcaires**

Développés au Sud de Kef Toumiette.

**d. Les calcaires liasiques**

Ils sont importants au niveau de Djebel El Ghédir : Ce sont de gros bancs à stratification difficilement discernable.

**e. Les calcaires dolomitiques**

Ils sont Développés au niveau de Djebel Tassellement et Djebel Tengout à l'Est du bassin. Ces formations carbonatées d'âge Jurassique ont été reconnues de l'ensemble carbonaté est de 250 m.

**f. Les calcaires cristallins (cipolins)**

Ils sont formés essentiellement par des lentilles peu importantes bleuâtres, ils se trouvent au Nord-Ouest du bassin.

Ce type de formations géologiques facilite le ruissellement des eaux de surface. Ces eaux se dirigent vers les chaabats et les oueds qui vont à leur tour participer à l'alimentation de la nappe souterraine.

Les formations perméables occupent plus de 50% de la superficie totale du bassin. Grâce à la perméabilité de ces formations géologiques, les eaux de précipitations s'infiltrent à travers des pores pour l'alimentation et le renouvellement des eaux souterraines.

**II.2.2. Les formations non favorables au développement d'aquifères****a. Les argiles noires**

Ce sont de minces lits de grés jaunes qui constituent le passage graduel des argiles noires au grés numidien; trouvées dans la partie Sud vers El-Harrouch à Emjez Edd Chich et au Sud de Ain Bouziane, à l'Est et l'Ouest de Ramdane Djamel, et à l'Est et l'Ouest de Salah Bouchaour.

**b. Les formations métamorphiques des terrains primaires****1. Les schistes et les phyllades**

Ce sont des grés bleuâtres, argileux ou satinés, recourent de nombreux filonnets, souvent lenticulaires de quartz laiteux, ces roches constituent une grande partie de Djebel El Alia et Djebel Oyala à l'Est et à l'Ouest de Skikda, on les trouvent aussi au Sud de Skikda à Djebel Grebissa et à Kef Msouna où leur présence est quasi totale.

**2. Les schistes micacés**

C'est le passage des schistes argileux aux micaschistes et gneiss schisteux, se retrouvent au Nord de Sidi Mezghiche et au niveau de l'oued Zeramna.

**3. Les schistes granulitisés (gneiss)**

Présentent la texture des gneiss ocellés, mais il sont liés aux schistes dont il se distinguent par la présence de nombreux cristaux de feldspath, Cette formation se localise au niveau de Djebel El Alia, au Nord-Est et au Nord-Ouest du bassin.

**4. Les micaschistes granulitisés (gneiss schisteux)**

Les gneiss schisteux alternant parfois avec des micaschistes, ils forment un passage du vrai gneiss au micaschiste, ils se trouvent au Nord Ouest du terrain au niveau du Djebel Messiquéne.

### II.3. La Tectonique du bassin

La tectonique joue un rôle très important pour l'alimentation des aquifères, car elle favorise la circulation des eaux à l'intérieur des formations par des failles, fissures, et diaclases; Celles-ci constituent des directions préférentielles de l'écoulement de l'eau.

La carte géologique du terrain étudié établie par Joleaud (1912), raison pour la quelle ne nous est impossible de bien déterminer les accidents affectant la région. Mais grâce aux travaux de quelques auteurs tel que A. Marre et J.F. Raoult (1974) qui ont parlé de mouvements tectoniques précoces (d'âge Crétacé Paléocène).

La localisation du terrain au Nord Est de l'Algérie, nous laisse évoquer les deux phases tectoniques majeurs, qui ont affecté la région d'étude :

-La phase Atlasique (fini lutétienne) ; qui est des mouvements compressifs d'orientation Nord-Ouest Sud-Est caractérisés par une tectonique tangentielle post paléogène.

-La phase Alpine (Miocène) ; ce sont des mouvements compressifs d'orientation Nord-Sud caractérisés par de nombreux plis et failles.

Ces deux phases majeures ont laissé leurs traces sous forme de déformations tectoniques à la périphérie du bassin versant, où l'Est est affectée par une cassure profonde de direction Est-Ouest qui a donné naissance à Djebel Filfila.

Au Sud vers Kef Sebergoud, M'souna et Kef Toumiette Nord, ces formations carbonatées de la chaîne calcaire interne présentent des entablements dans lesquels se façonnent des formes Karstiques (présence de fissures d'orientation Nord-Est Sud-Ouest causées par la phase Atlasique) tiré du cadre structurale (domaine interne)

A l'Ouest de Skikda et précisément au Sud-Ouest de Stora on rencontre les calcaires cristallins emballés dans les micaschistes et gneiss, résultat d'une dislocation très importante en relation avec le charriage de la chaîne Numidique, qui a donné le grand pli de la petite Kabylie d'orientation NNE - SSW.

La dépression Numidique de Ramdane Djamel occupe une partie considérable de la région, et forme une aire synclinale de 20 Km entre le massif Paléozoïque de Skikda au Nord et le chaînon Liasico-Eocène de Zardézas au Sud .

### II.4. La Paléogéographie du bassin

#### II.4.1. La longue période de sédimentation du Secondaire au Tertiaire

On note que la différenciation de chacun de ces domaines s'est faite progressivement au cours de l'histoire géologique, d'abords peut distincts les uns des autres. Vers la fin du Jurassique et au Crétacé, le sillon des flyschs et des séries telliennes s'individualise pour s'atténuer un peu plus tard.

##### a. Le Trias

La reconstitution de la stratigraphie dans la région tellienne est plus délicate car les affleurements sont plus rares. Mais par suite de la présence d'intercalations volcaniques basiques témoin d'une certaine distension.

Ainsi pendant le Trias, au Sud du socle kabyle, l'individualisation des sillons (flyschs et telliens) n'existe pas encore.

## b. Le Jurassique

Le Lias est connu essentiellement dans la chaîne calcaire.

**1. Le Lias supérieur** : les distinctions paléogéographiques sont plus délicates, c'était un milieu marin avec une sédimentation marneuse.

**2. Le Malm** : il n'y a pas de modification paléogéographique, mais on peut noter une généralisation des faciès pélagiques témoins d'un approfondissement de la mer ; pourtant c'est à ce moment qu'une distension va déterminer la création du sillon des flyschs qui s'individualisera nettement au Crétacé.

## c. Le Crétacé

On note que la structure préparée au Jurassique s'affirme, donc le sillon des flyschs des séries telliennes s'individualise au Néocomien. Le sillon des flyschs s'individualise plus par surélévation de ses bordures allant jusqu'à l'émersion sur la partie Sud que par approfondissement de la mer, il est conséquence de la phase tectonique de distension.

A la fin du Néocomien au Vraconien, s'étend une période de sédimentation dans la chaîne calcaire, marquée par la présence d'une lacune sédimentaire à l'Aptien.

Au Sud, le domaine tellien et ultra tellien était immergé durant tout le crétacé inférieur. Dans le sillon des flyschs, on note la présence d'une sédimentation gréseuse de l'Albo-Aptien. Le Sénonien est marqué par une transgression marine.

### II.4.2. La mise en place des volumes montagneux date de la fin du Tertiaire

La fin du Sénonien et le début du Tertiaire est marquée par une phase tectonique, s'est au Miocène inférieur (Burdigalien inférieur) que la dernière nappe s'est mise en place par un glissement à la fin du Miocène inférieur, on assiste à l'émersion progressive du Tell. En effet les seuls dépôts miocènes observables sont au Nord du Tell à (Emjez Edd Chich).

Dés la fin du Burdigalien, on observe un rejeu d'accidents tectoniques accompagné par un volcanisme acide (Collo, Cap de Fer)

Au Méssinien, le niveau de la mer méditerranée baisse fortement, c'est alors qu'on observe un important creusement des vallées sur le versant Nord et un très important dépôt de conglomérats dans tous les bassins internes, dont les failles bordières jouent en distension .

Au Pliocène, la mer revient et dépose des sédiments littoraux qui se présente à la base des marnes bleus et deviennent de plus en plus sableuses en se déterminant par des calcaires lacustres, pouvant être attribuées au Villafranchien inférieur.

Aujourd'hui ces dépôts sont observables à des altitudes variées issues des mouvements orogéniques importants, d'âge Plio-Villafranchien, responsables du volume montagneux du Tell oriental algérien.

Le Villafranchien inférieur a hérité d'une importante sédimentation lacustre (calcaireuse) développée dans des lacs largement comblés sous une lame d'eau qui va en s'amincissant et provoquant un climat sec, évoluant dans cette région. Cette aridité provoque une désorganisation du réseau hydrographique déjà montré par J. Dresch (1950). Les mouvements orogéniques Plio-villafranchiens, provoquent une reprise du creusement, et ne laissent, qu'un petit bassin versant à l'oued Saf-Saf, le réseau hydrographique des grands oueds telliens s'est donc surimposé mais il est aussi antécédent par rapport aux derniers mouvements orogéniques Plio-villafranchiens. Donc la structure actuelle du bassin de l'oued Saf-Saf, est due aux effets de la néotectonique.

#### **II.4. Le Quaternaire**

Il est représenté aujourd'hui par des dunes anciennes, des alluvions, des oueds, des terrasses et des éboulis.

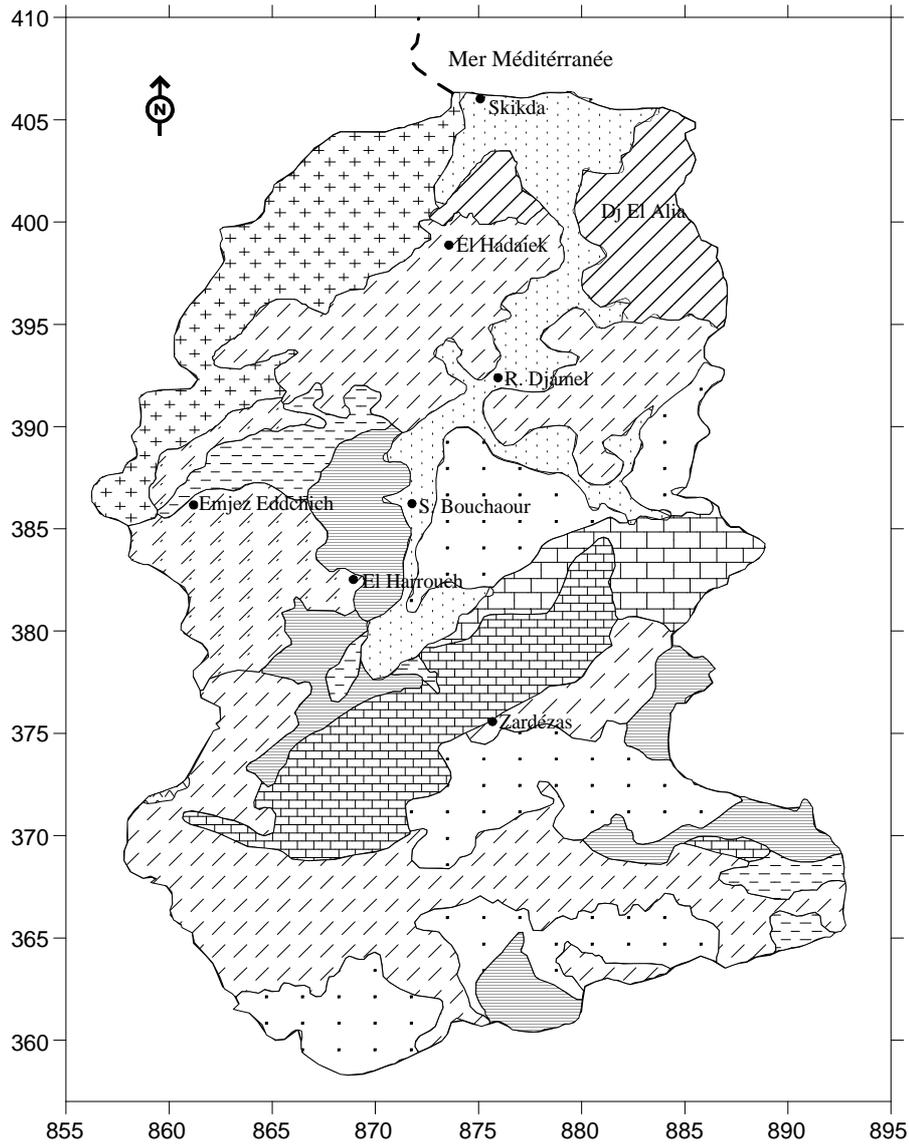
#### **Conclusion**

Le bassin versant du Saf-Saf appartient au Tell oriental algérien qui n'est qu'une partie de l'Atlas tellien.

La géologie de la région est très complexe. En effet, les études menées ont montré que le Tell oriental algérien est constitué par un empilement de nappes ; on a du Nord vers le Sud : Le Socle Kabyle et la Dorsale Kabyle, la série des Flyschs (Mauritanien, Massylien, Numidien et ultra Tellien), la série des grés numidiens et la nappe néritique du Constantinois.

Cette étude montre aussi que la Dorsale Kabyle se compose d'unités nettement différenciées par leurs séries stratigraphiques ; de même que l'âge du numidien est difficile à préciser.

Le bassin du Saf-Saf est limité donc au Sud par des formations purement sédimentaires qui appartiennent au môle néritique Constantinois, et constituées généralement par des formations carbonatées d'âge Crétacé (Kef Toumiettes et Kef Hahounner). Quant aux formations Cristallophylliennes d'âge Paléozoïque, elles le limitent à l'Ouest par le massif de Collo et au Nord-Est par Djebel Filfila et Djebel El Alia. Les formations alluvionnaires côtoient l'oued du Saf-Saf dans toute sa trajectoire.



**Légende :**

**Substrat Résistant à l'érosion**

- Calcaire et Dolomie dur Permo-Trias au nummulitique
- Grés numidien Oligocène
- Roches métamorphiques : Gneiss
- Roches métamorphiques : Phyllade

**Substrat Moyennement Résistant**

- Flyschs de Ziane et conglomérat Néocomien à nummulitique
- Schiste série ou nummulitique
- Calcaire friable Jurassique au Lutétien supérieur
- Flyschs Crétacé inférieur

**Substrat Peu Résistant**

- Marne, série Telliennes ou ultra Telliennes
- Argile sous numidienne
- Formations Quaternaires : alluvions et sables

**Travaux utilisés :**

- J.F. Raoult (1974)
- J.P. Bouillin (1977)
- J.M. Vila (1980)

**Echelle :**

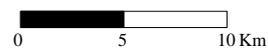
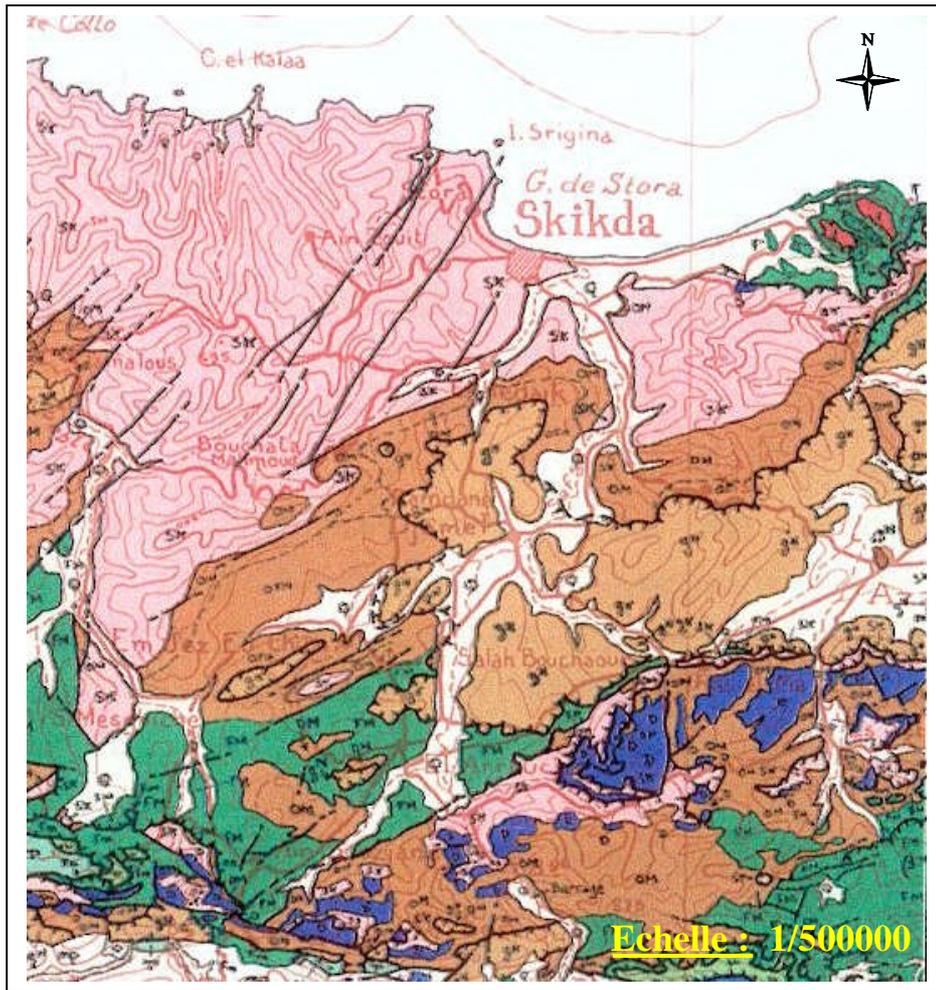


Figure.6. Carte Lithologique du Bassin Versant du Saf-Saf.



**Légende:**

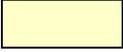
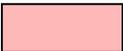
- |   |  |
|---|--|
| <p> Granites, grano-diorite, microgranites, Dolerites et rhyolites.</p> <p> Oligo-Miocène Kabyle, Olistostromes à flyschs resédimentés</p> <p> Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).</p> <p> Socle métamorphique de la petite Kabyle</p> | <p> Séries typiques (Néocomien à Lutétien supérieur) mameuses et marno-calcaires à crétacé clair.</p> <p> Grés numidiens et séries mixtes.</p> <p> Flyschs Mauritaniens: séries internes, Séries médianes et séries externes.</p> <p> Chaîne calcaire: Paléozoïque à Lutétien.</p> |
|---|--|

Figure.7. Carte géologique de la région de Skikda extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien (D'après J.M.VILA. 1978).

# CHAPITRE : II

## CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATOLOGIQUES DU BASSIN DU SAF-SAF

---

### Introduction

Plus que d'autres facteurs, le climat est le plus déterminant des ressources en eau. Les précipitations, les températures, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration et d'autres phénomènes atmosphériques constituent le climat du bassin du Saf-Saf.

Ainsi, l'étude des possibilités de la maîtrise des ressources hydriques dans le bassin est extrêmement liée à ces phénomènes qui régissent les écoulements. Pour cela, il est très utile de faire l'approche hydroclimatique.

### I. L'équipement hydro-pluviométrique du bassin

Le bassin du Saf-Saf d'une superficie de 1158 km<sup>2</sup>, disposait de 15 stations pluviométriques dont 10 fonctionnent à l'heure actuelle. Parmi ces dernières, nous avons retenu quatre (4) stations pour l'étude de façon à couvrir le bassin à différentes altitudes, dont la station de Skikda occupe l'aval du bassin, les deux stations de Ramdane Djamel et d'El Harrouch couvrent la partie centrale du bassin et la station de Zradézas qui contrôle l'amont du bassin.

Le choix de ces dernières est primordial pour arriver à une étude complète et significative concernant le diagnostic des ressources en eau dans le bassin.

Le tableau suivant présente les différentes stations fonctionnelles dans le bassin du Saf-Saf.

Tableau.5. Stations pluviométriques fonctionnelles dans le bassin du Saf-Saf

N°	Station	X	Y	Altitude (m)	Code station
1	Skikda*	874,500	406,390	1,3	03.11.02
2	Ramdane Djamel*	874,950	389,850	50	03.09.09
3	Bouchtata	866,040	395,840	90	03.09.11
4	Emjez Ed Chich	866,590	386,100	100	03.09.08
5	El Harrouch*	869,940	380,190	137	03.09.06
6	Zardézas*	875,290	374,590	195	03.09.03
7	Khémakhem	878,960	370,300	206	03.09.01
8	Bissy	885,390	394,000	275	03.09.10
9	Aïn El Kèlb	888,150	363,400	750	03.09.04
10	Ouled Hebaba	882,100	362,950	980	03.09.05

\* : Station retenue dans l'étude.

Source. ANRH 2006

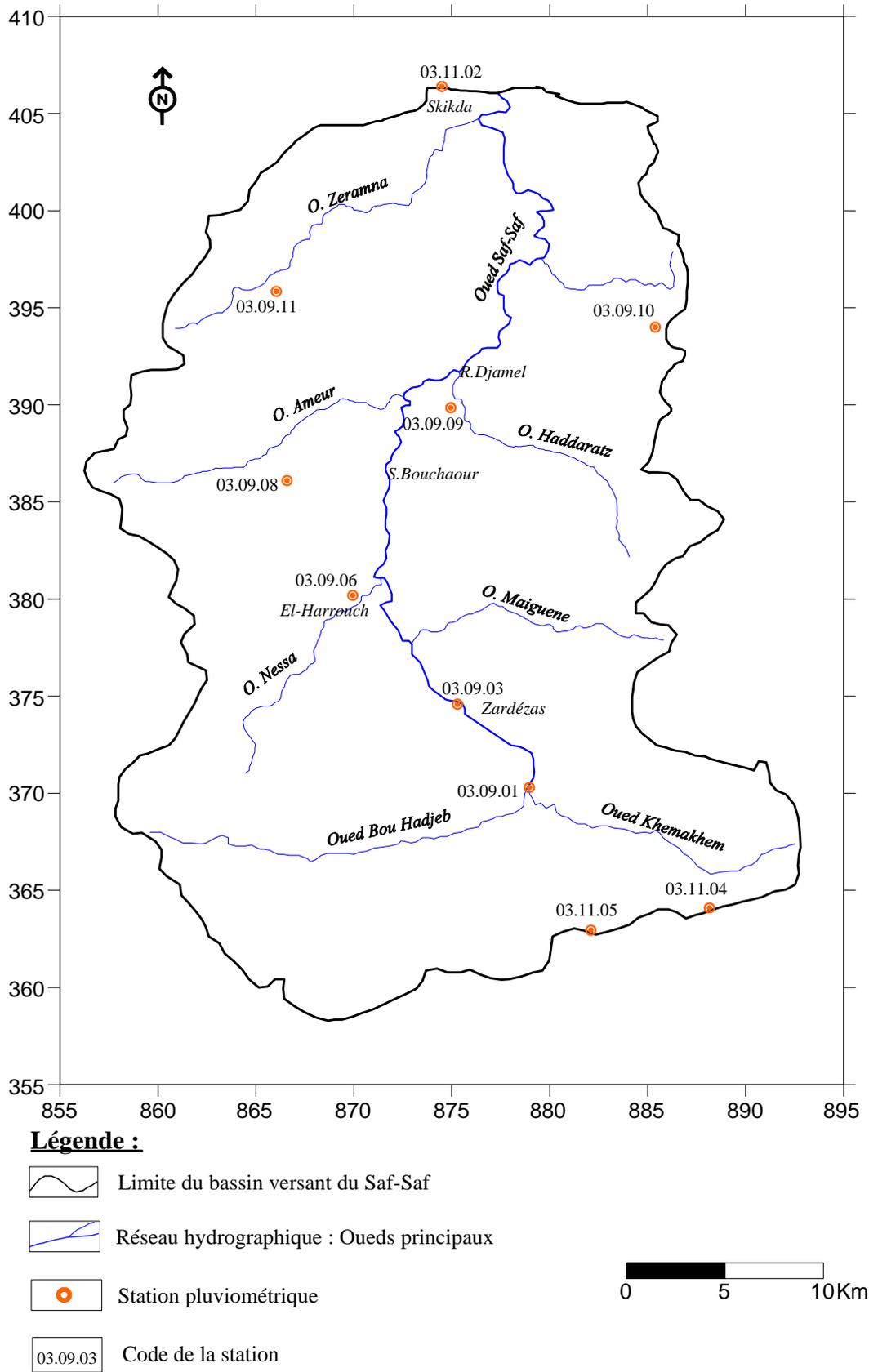


Figure.8. Carte du réseau d'observation pluviométrique dans le bassin du Saf-Saf

Toutefois, pour les données de base pour toute étude climatique de l'Algérie, l'ouvrage de Seltzer est le plus adéquat (1913-1938); de même que la carte pluviométrique de Chaumont et Paquin (1913-1963). Le bassin versant du Saf-Saf reçoit annuellement une hauteur comprise entre 600 et 1000 mm environ; cela dénote un climat méditerranéen humide caractérisé par des variantes littorale, intérieure et montagnarde.

## II. Les paramètres météorologiques déterminants

Pour cette étude nous avons utilisé les données climatiques de l'ONM (Office National de Météorologie) et de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) de Constantine et de la station du Port de Skikda, pour une période commune de trente-six ans (1970/71 – 2005/06). Et nous nous sommes inspirés des travaux de : P. Seltzer (1913-1938) ; climat de l'Algérie. Et M. Chaumont et C. Paquin (1913-1963) ; Carte Pluviométrique de l'Algérie.

### II.1. Le régime des Vents

Les vents ont un effet important sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et à un degré moindre sur les températures. Les vents dominants dans le bassin du Saf-Saf sont ceux du Nord, Nord-Ouest, ils sont les plus fréquents en saison froide. Tandis qu'en été le Sirocco est fréquent, particulièrement en mois d'Août.

Seule la station de Skikda qui mentionne la vitesse du vent, d'après les données des moyennes des vents de cette station sur la période (1970/71-2005/06), on constate que la fréquence de vitesse des vents atteint son maximum en hiver (Février) avec 3,59 m/s, ce qui favorise le déplacement des nuages et par conséquent la répartition des précipitations sur l'étendu du bassin. Cependant, le minimum des vents est enregistré en Mai avec 2,54 m/s.

Tableau.6. Vitesse moyenne des vents à la station de Skikda (1970/71 – 2005/06)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Moy-	2.65	2.75	3.30	3.50	3.38	3.59	2.93	3.02	2.54	2.63	2.59	2.59

Source. Station de Skikda.2006

(Moy- : Moyenne des vitesses du vent en m/s).

### II.2. L'humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de valeur saturante à la même température.

Pour l'examen des valeurs de l'humidité moyenne mensuelle, on s'est référé aux données de la station de Skikda port et celle de Zardézas.

A la station de Skikda, l'humidité moyenne mensuelle est relativement constante (75 %). Cependant, à la station de Zardézas elle est caractérisée par l'irrégularité, avec une moyenne de 60 %. Le maximum est observé en Novembre (63,3 %) et le minimum en Juillet (54,1 %).

L'humidité moyenne mensuelle à la station de Zardézas est inférieure à celle de la station de Skikda, ceci peut être traduit par la variation de la température (de la mer vers l'intérieur), et par la différence d'altitude entre les deux stations (Skikda 1,3 m et Zardézas 195 m).

On peut noter donc une décroissance de l'humidité du littoral vers l'intérieur du bassin.

Tableau.7. Moyennes mensuelles de l'humidité relative (1970/71 – 2005/06).

Mois Station	Humidité %	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Moyenne
Skikda		75.5	73.4	75.1	75.3	75.2	74.8	75.0	74.8	76.2	75.0	73.0	74.1	74.8
Zardézas *		57.5	60.3	67.3	65.8	66.5	65.0	63.3	62.4	60.7	53.5	51.4	53.1	60.6

Source. Station de Skikda.2006

\* : Station de Zardézas l'humidité relative sur la période (1987/88 – 2005/06)

### II.3. Les Précipitations

Les précipitations constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique du bassin. Elles sont variables et irrégulières d'une année à une autre et d'une saison à une autre.

Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements.

Parmi les données les plus fiables utilisées dans cette étude, ce sont les enregistrements pluviométriques de longue durée, des stations de Skikda, Ramdane Djamel, El Harrouch et Zardézas.

#### II.3.1. La répartition interannuelle des précipitations

La variation interannuelle des précipitations pour la période de (1970/71 – 2005/06) pour les quatre stations est représentée sur le graphe de la figure n.9 et dans le tableau n.8.

A la station de Skikda, la hauteur annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 1198 mm en (2004 / 05) à 411 mm en (1973 / 74). Tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 742 mm.

Dans la partie centrale du bassin, nous avons remarqué le même régime pluvial pour les deux stations. La pluviosité interannuelle de la station d'El Harrouch est moins importante que celle de la station de Skikda, un maximum de précipitation a été observé en (1984 / 85) avec 932 mm, et un minimum de 343 mm en (1987 / 88), par conséquent un faible module pluviométrique interannuel égal à 573 mm.

De même, la hauteur annuelle des précipitations à la station de Ramdane Djamel varie de 1067 mm en (1984 / 85) à 373 mm en (1974 / 75), avec un module pluviométrique interannuel de l'ordre de 578 mm.

A la station de Zardézas, pendant les années d'observation, le maximum de la pluviosité a été observé en (1984 / 85) avec 1039 mm, alors que le minimum est de 382 mm enregistré en (1996 / 97). Le module pluviométrique interannuel est égal à 636 mm.

Tableau.8. Répartition annuelle des précipitations (1970/71 – 2005/06)

Année	Skikda	Ramdane Djamel	El Harrouch	Zardézas
1970-1971	803.3	666.7	631.6	556.8
1971-1972	715.1	732.6	591.7	847.0
1972-1973	807.6	642.6	613.5	842.7
1973-1974	411.3	454.6	408.3	482.1
1974-1975	576.0	372.8	349.3	557.8
1975-1976	687.3	569.3	583.0	588.1
1976-1977	492.2	637.2	491.5	626.0
1977-1978	633.0	458.0	517.0	489.2
1978-1979	912.0	615.2	613.5	697.9
1979-1980	578.7	427.2	473.5	527.7
1980-1981	861.0	581.5	496.5	748.5
1981-1982	811.5	652.0	539.8	646.1
1982-1983	675.8	484.6	556.6	619.4
1983-1984	884.9	663.2	483.3	795.4
1984-1985	1034.0	1067.2	932.2	1039.4
1985-1986	613.0	464.8	447.1	468.5
1986-1987	1025.0	825.9	785.5	799.0
1987-1988	601.0	397.9	343.1	421.8
1988-1989	627.0	456.8	598.8	562.1
1989-1990	701.0	496.9	502.4	577.0
1990-1991	888.0	593.3	658.3	736.6
1991-1992	804.0	684.4	870.4	755.8
1992-1993	633.0	542.6	583.1	694.5
1993-1994	692.0	470.5	443.5	529.3
1994-1995	753.5	624.2	726.6	610.6
1995-1996	685.8	571.4	716.1	664.6
1996-1997	518.5	396.6	435.5	382.2
1997-1998	1032.9	520.4	590.1	607.8
1998-1999	690.1	569.2	540.8	667.4
1999-2000	683.6	431.5	451.1	452.8
2000-2001	537.7	400.7	445.3	391.4
2001-2002	578.4	440.7	435.0	428.0
2002-2003	1119.9	868.8	826.1	804.7
2003-2004	840.5	695.3	647.2	694.0
2004-2005	1198.3	835.4	823.9	931.8
2005-2006	594.0	508.8	466.8	663.4
<b>Module interannuel</b>	<b>741.7</b>	<b>578.4</b>	<b>572.8</b>	<b>636.3</b>

Source. ANRH.2006.

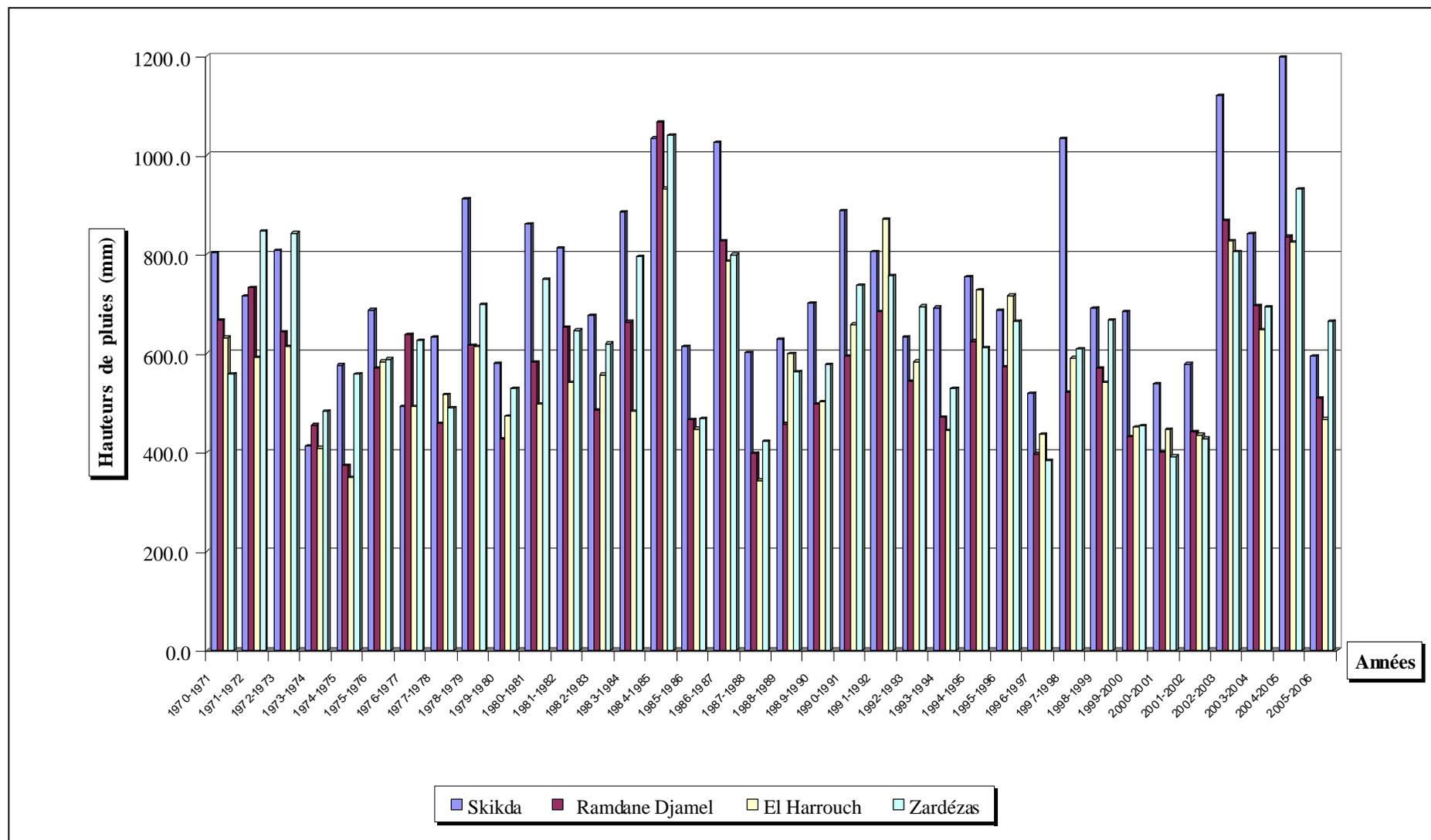


Fig.9. Variation interannuelle des précipitations (1970/71-2005/06).

### II.3.2. La répartition moyenne mensuelle et saisonnière des précipitations

La répartition mensuelle et saisonnière des précipitations influence directement les régimes hydrologiques, il est donc nécessaire de calculer les moyennes mensuelles des pluies pour chaque station et pour chacun des mois de l'année pour la même période d'observation.

#### II.3.2.1. La période ancienne de P. Seltzer (1913-1938) : Station de Skikda et d'El Harrouch

Les moyennes mensuelles et saisonnières des précipitations sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau.9. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnière : Seltzer (1913-1938)  
à la station de Skikda et d'El Harrouch

Mois Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Moyenne Annuelle
Station Skikda	Automne			Hivers			Printemps			Eté			
	35	84	94	149	169	108	72	49	49	10	4	7	830 mm
	213			426			170			21			830 mm
	25,66			51,32			20,48			2,53			100 %
Station El Harrouch	27	61	71	92	111	88	75	57	51	20	6	7	674 mm
	159			299			183			33			674 mm
	23,59			44,36			27,15			4,89			100 %

Source. ONM.2006

D'après les données de Seltzer durant 25 ans, on remarque dans les deux stations, que le maxima est observé au mois de Janvier et le minima est au mois de juillet, la saison la plus arrosée est l'hiver (du mois de Décembre au mois de Février). Cependant, la saison la plus sèche est l'été.

#### II.3.2.2. La période récente des Stations de Skikda, El Harrouch, Ramdane Djamel et de Zardézas : (1970-1971 / 2005-2006)

##### a. Les précipitations moyennes mensuelles (1970/71 – 2005/06)

Pour les quatre stations pluviométriques, la pluviosité mensuelle est légèrement variable. On remarque que le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre pour les quatre stations ; Skikda (127,7 mm), Ramdane Djamel (96,8 mm), El Harrouch (96,4 mm) et à la station de Zardézas, le maximum des précipitations est de l'ordre de 105,7 mm. Le mois le plus sec pour les quatre stations est le mois de Juillet (de 2 à 5 mm environ).

Tableau.10. Moyenne des précipitations mensuelles (1970/71 – 2005/06)

Mois Station	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total annuel
Skikda	37.7	70.0	100.4	127.7	111.7	96.7	70.6	63.5	36.0	14.3	2.7	10.4	741.7
Ramdane Djamel	29.9	57.5	70.3	96.8	89.7	70.5	59.0	51.4	31.5	12.3	3.8	5.7	578.4
El Harrouch	34.3	49.1	69.9	96.4	84.7	69.0	60.4	50.5	34.6	11.8	3.3	8.8	572.8
Zardézas	33.4	53.3	72.7	105.7	96.8	80.9	68.0	60.5	39.5	13.6	4.5	7.5	636.3

Source. ONM.2006

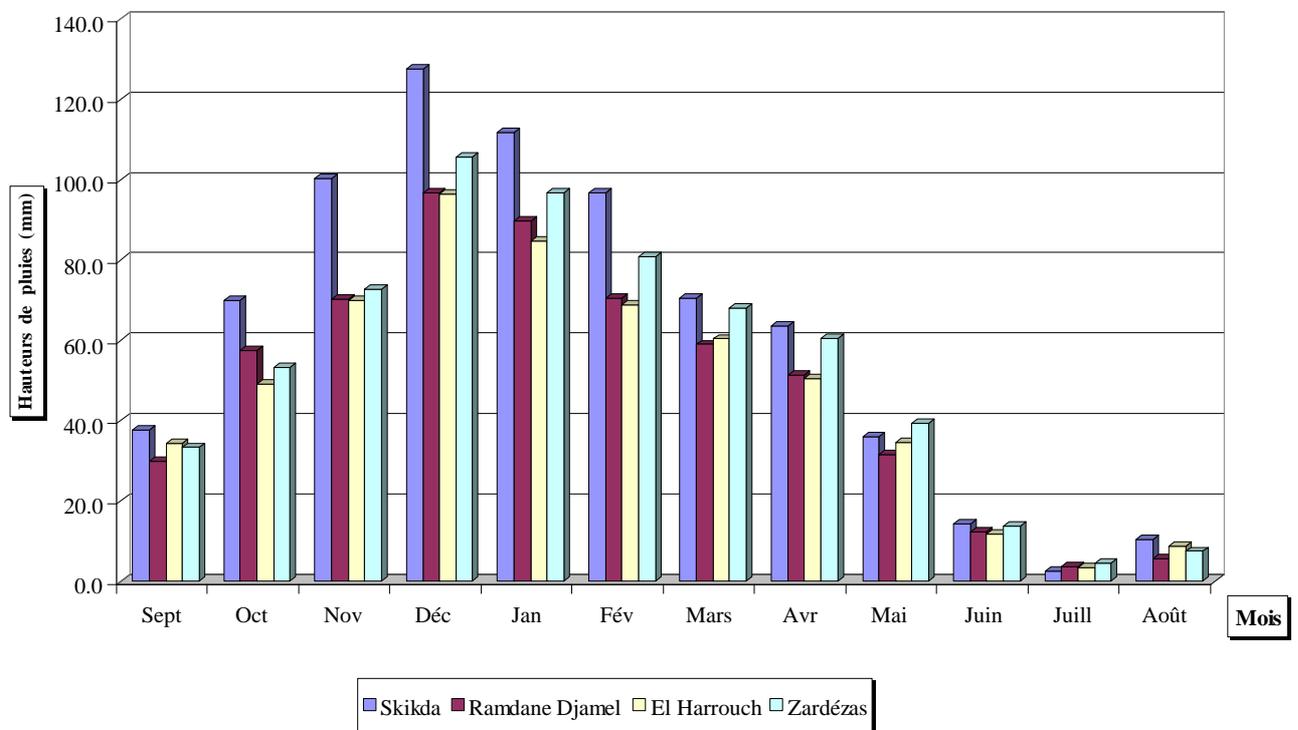


Figure.10. Moyenne des précipitations mensuelles (1970/71 – 2005/06)

**b. La répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06)**

L'étude des précipitations saisonnières permet de donner une idée sur la distribution de la lame d'eau précipitée durant une année et selon les quatre saisons.

Pour notre bassin, on distingue un maximum pluviométrique hivernal (de Décembre au Février), donc la saison la plus arrosée pour les quatre stations est l'hiver (44 %). Tandis que l'été représente la saison la plus sèche (4 %).

Tableau.11. Répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06)

Mois Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Moyenne Annuelle
	Automne			Hivers			Printemps			Eté			
Station Skikda	208,1			336,1			170,1			27,4			741,7 mm
	28,06			45,32			22,93			3,69			100 %
Station El Harrouch	153,3			250,1			145,5			23,9			572,8 mm
	26,76			43,66			25,40			4,18			100%
Station Ramdane Djamel	157,7			257,0			141,9			21,8			578,4 mm
	27,27			44,43			24,53			3,77			100%
Station Zardézas	159,4			283,3			167,9			25,7			636,3 mm
	25,06			44,53			26,37			4,04			100 %

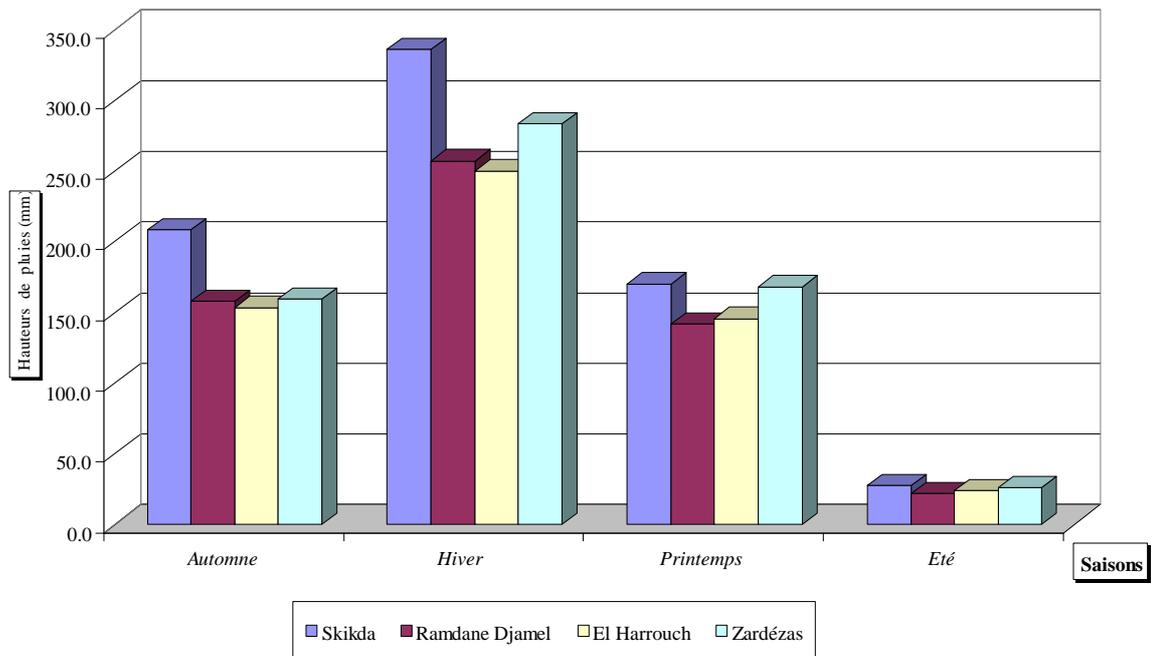


Figure.11. Répartition saisonnière des précipitations (1970/71 – 2005/06)

On peut noter que pour la même période d'observation (1970 /71 -2005 / 06) et pour les quatre stations, les précipitations varient d'une station à une autre. Cette variation s'explique par l'influence marine, qui diminue de la zone côtière (station de Skikda), vers l'intérieur (station de Ramdane Djamel et d'El Harrouch). Ainsi que l'altitude des stations (présence de relief; station de Zardézas), donc il y a une variation spatiale des précipitations du Nord vers le Sud.

### Conclusion

Le traitement des données des précipitations pour les deux périodes ancienne et récente, montre l'existence d'une variation spatio-temporelle des précipitations.

Dans le temps, en comparant les résultats obtenus des deux périodes, ancienne de Seltzer (1913-1938) et récente (1970/71 - 2005/06), on remarque que les précipitations de la série ancienne sont supérieures à celles de la série récente, cette diminution confirme une sécheresse observée surtout durant les dernières 30 années.

Dans l'espace, les résultats obtenus dans les quatre stations, montrent une diminution des précipitations du Nord vers le Sud et des reliefs (montagnes) vers les plaines. Autrement dit, ces variations sont dues essentiellement à l'influence marine et l'altitude des stations.

## II.4. Les Températures

Les températures moyennes mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitations, insolation, hygrométrie...), le phénomène d'évaporation et par la même, le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les températures sont donc l'un des éléments majeurs influençant le climat du bassin.

Dans le bassin du Saf-Saf, seulement deux stations (Skikda port et Zardézas) fournissent journallement les évolutions de la température de l'air sous abri (tableau.12).

Tableau.12. Moyennes mensuelles des températures en (1970-2006)

Mois Station	T° (°C)	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Moyenne
	Skikda	Min	19.6	16.4	12.3	9.6	8.4	8.6	9.6	11.5	14.6	18.0	20.7	21.6
Moy		23.4	20.4	16.2	13.5	12.3	12.4	13.7	15.3	18.4	21.7	24.5	25.3	18.1
Max		27.2	24.5	20.1	17.4	16.2	16.3	17.8	19.2	22.2	25.5	28.3	29.1	22.0
Zardézas*	Min	17.8	15.3	10.4	7.3	6.5	6.7	8.5	10.6	14.0	17.5	19.7	20.8	12.9
	Moy	24.9	22.4	15.6	12.0	11.3	11.7	14.6	16.7	20.9	25.5	27.5	28.8	19.3
	Max	31.9	29.5	20.9	16.7	16.0	16.8	20.7	22.9	27.8	33.5	35.4	36.8	25.7

Source. ONM.2006

\* : Les température moyennes pour la station de Zardézas (1987-2006).

Pour les deux stations, le mois de Janvier est le mois le plus froid et le mois d'Août étant le plus chaud.

La moyenne mensuelle des températures à la station de Skikda est de l'ordre de 18,1 °C, elle est de 12,3 °C (Janvier) à 25,3 °C (Août). Alors qu'à la station de Zardézas, la moyenne est de l'ordre de 19,3 °C, avec un minimum de 11,3 °C enregistré en mois de Janvier, le maximum est atteint au mois d'Août avec une valeur de 36,8 °C.

On remarque une augmentation sensible des écarts thermiques de la zone côtière (Skikda) vers l'intérieur du bassin (Zardézas), influencée par l'éloignement de la mer, ainsi par l'augmentation de l'altitude.

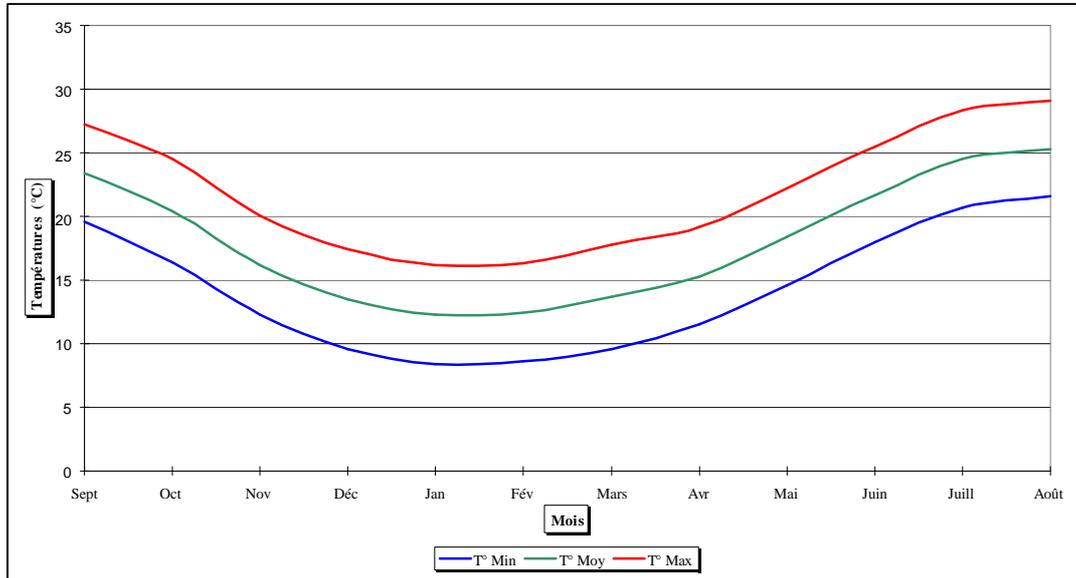


Figure.12. Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Skikda (1970/71-2005/06)

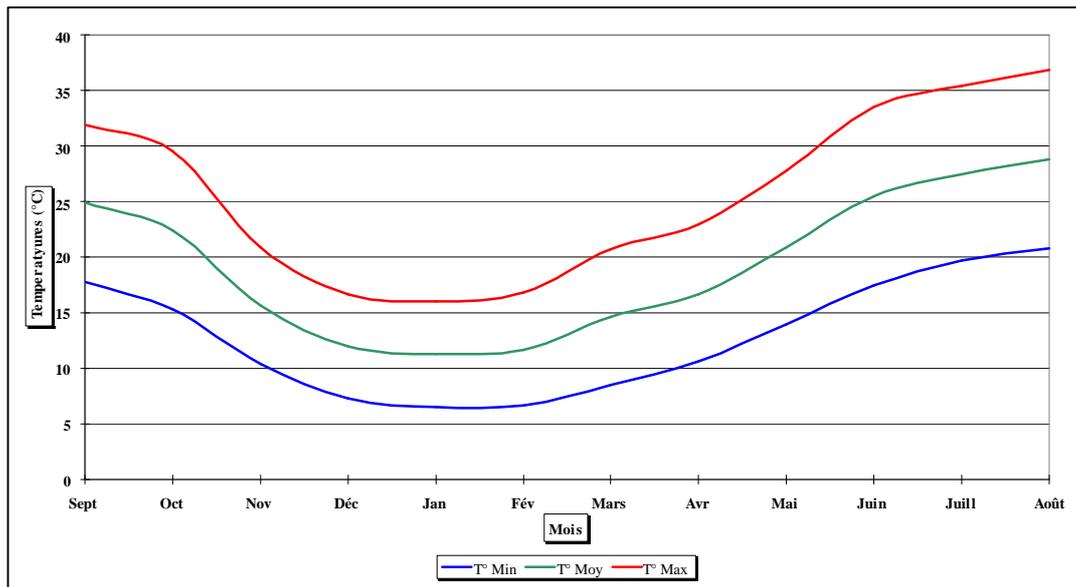


Figure.13. Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Zardézas (1987/88-2005/06)

**II.5. Le diagramme Ombro-thermique (P = 2T)**

Les diagrammes Ombro-Thermiques pour les stations de Skikda et d' El Harrouch montrent une allure communément semblable. A la station de Skikda, la saison humide s'étend du mois de Novembre jusqu' à la fin du mois d'Avril, et la saison sèche allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

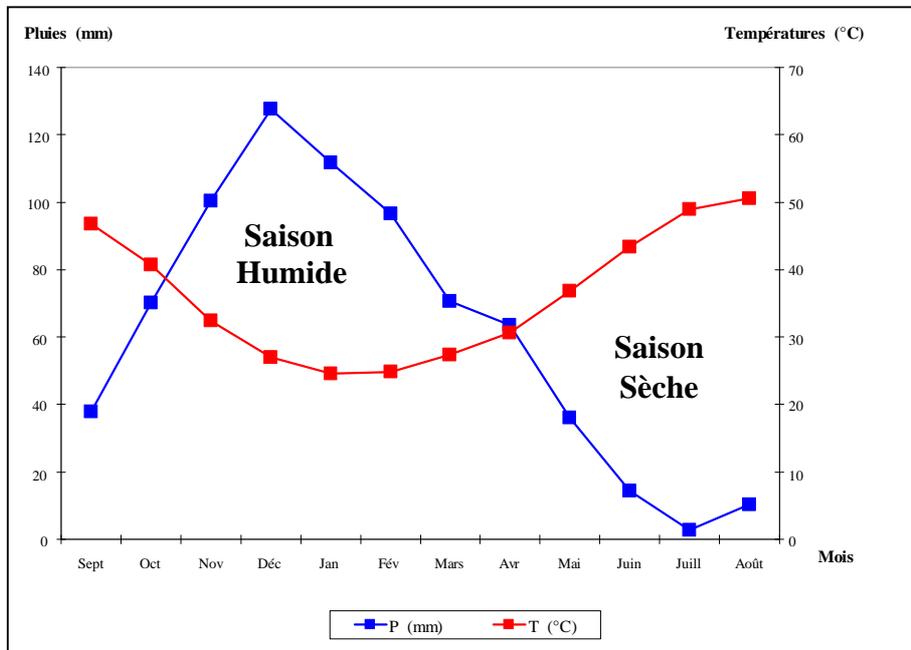


Figure.14. Diagramme Ombro-Thermique à la Station de Skikda (1970/71-2005/06)

De même, à la station d'El Harrouch, la saison humide s'étale du début de Novembre jusqu'à la fin du mois de Mars. La saison sèche s'étend d'Avril jusqu'au mois d'Octobre.

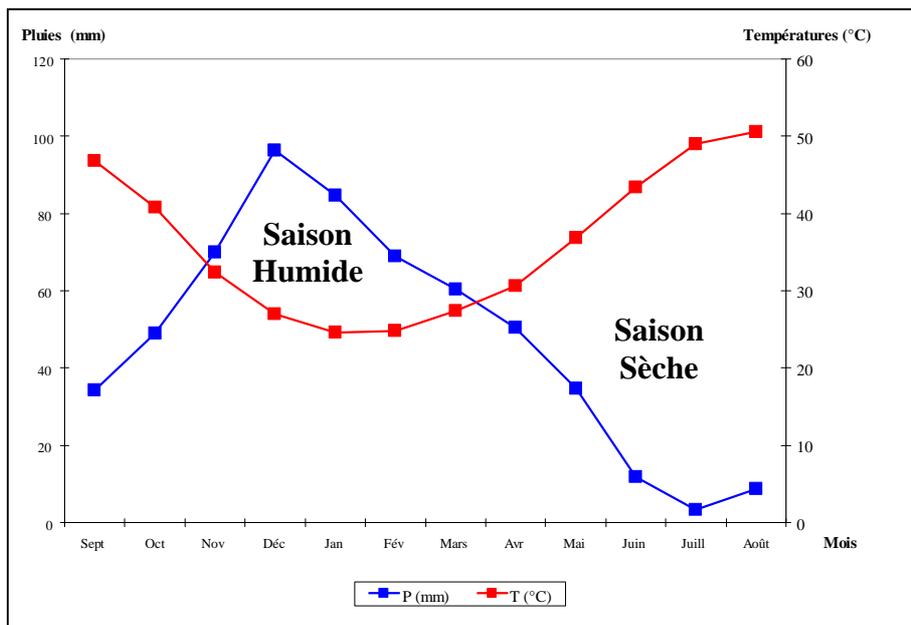


Figure.15. Diagramme Ombro-Thermique à la Station d'El Harrouch (1970/71-2005/06)

## II. 6. La détermination de la lame d'eau précipitée

L'estimation de la lame d'eau précipitée sur une surface plus ou moins étendue, repose sur l'hypothèse que la pluie ponctuelle est représentative des bassins alentours. L'exactitude de cette hypothèse dépend de l'étendue de la région que le pluviomètre est censé représenter, de l'hétérogénéité spatiale des pluies et de la topographie de la région.

Dans notre cas, deux méthodes d'estimation de la lame d'eau précipitée ont été employées.

### II. 6.1. La moyenne arithmétique des stations

C'est la méthode la plus rapide ; consiste à calculer la moyenne arithmétique des précipitations observées à chaque station. Son efficacité est meilleure pour les petits bassins où l'influence de l'altitude, de l'exposition et de la latitude, sur les précipitations est partout semblable.

Pour la période étudiée (1970/71-2005/06), nous obtenons une moyenne annuelle de la lame d'eau tombée à l'échelle du bassin de l'ordre de 632 mm.

### II. 6.2. La moyenne de Thiessen

Cette méthode consiste à affecter à chaque station de mesure une zone d'influence de sorte qu'un point quelconque situé sur cette surface se verra attribué le volume des précipitations mesuré au poste.

Si  $S$  est la surface totale du bassin (1158 Km<sup>2</sup>), et  $S_i$  la surface du polygone de Thiessen d'un poste  $i$  (station), le coefficient de Thiessen du poste  $i$  est égal à:  $C_i = S_i/S$

La pluie moyenne sur le bassin est égale à la somme des pluies partielles  $C_i \cdot P_i$

$$P_m = \sum P_i \cdot S_i$$

Avec ;

$P_m$  : Pluie moyenne tombée sur le bassin,

$S$  : Surface totale du bassin,

$P_i$  : Précipitations moyennes annuelles de la station à l'intérieur du polygone,

$S_i$  : Surface du polygone considéré.

L'application de cette méthode à l'ensemble du bassin donne une lame d'eau précipitée de 661 mm.

Tableau.13. Calcul de la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen

Polygone	Surface du polygone (Km <sup>2</sup> )	Coefficient de Thiessen ( $C_i$ )	Pluie au poste $P_i$ (mm)	Pluie partielle (mm)
1	91.250	0.080	742	59.36
2	139.500	0.120	578	69.36
3	117.000	0.100	851	85.10
4	111.375	0.097	655	63.54
5	108.375	0.094	531	49.91
6	115.750	0.099	573	56.73
7	246.500	0.212	636	134.83
8	131.250	0.114	633	72.16
9	97.000	0.084	829	69.64
Total	<b>1158</b>	1	<b>6028</b>	<b>660.63</b>

Les résultats de l'estimation de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant du Saf-Saf, par les deux méthodes ; la moyenne arithmétique (632 mm) et celle de Thiessen (661mm), montrent que les valeurs obtenues sont assez proches. L'écart observé entre ces deux méthodes (29 mm) est justifié par l'influence de la topographie (les altitudes), surtout en amont du bassin, ce qui donne plus de fiabilité à la méthode de Thiessen.

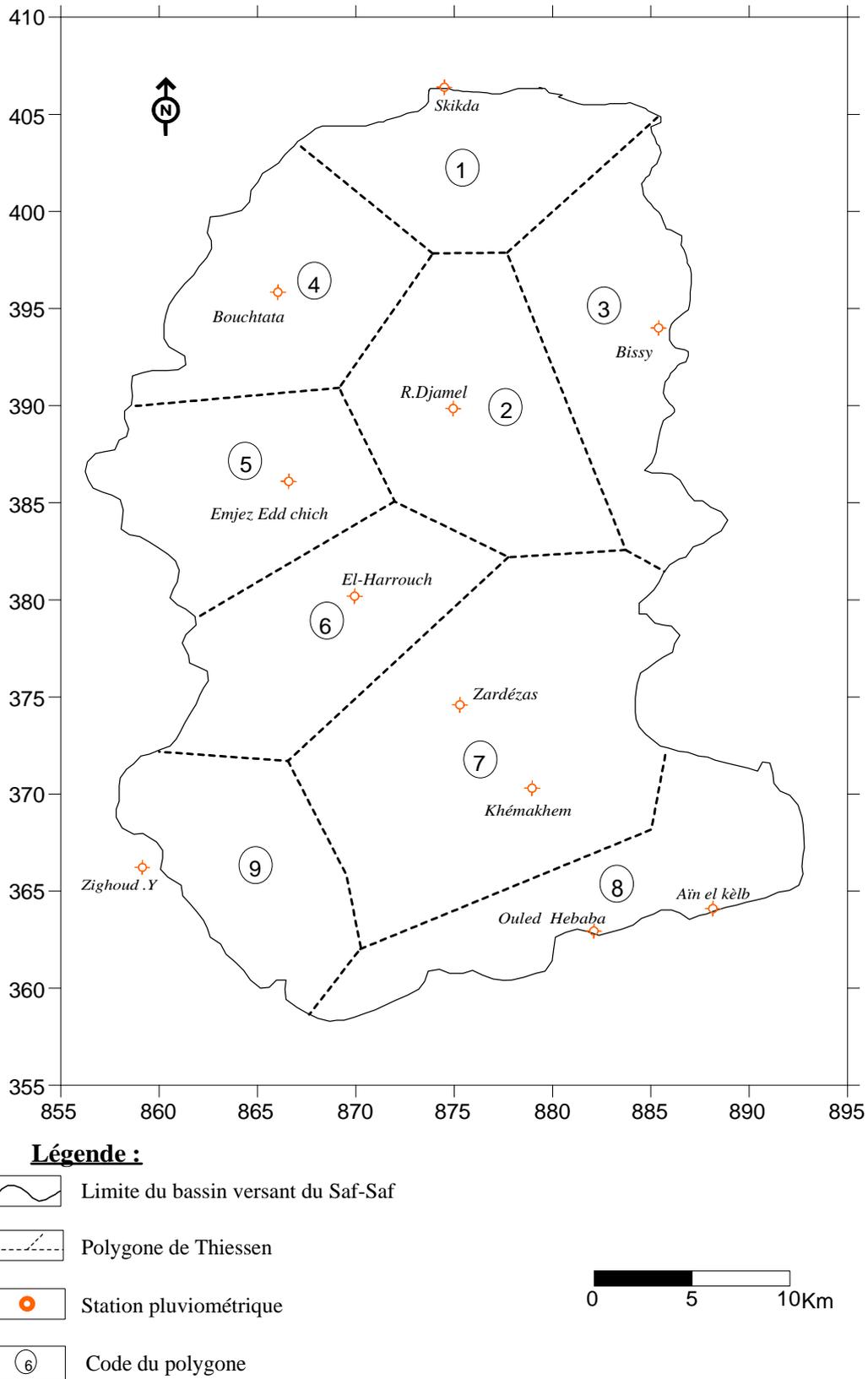


Figure.16. Carte des polygones de Thiessen du bassin versant du Saf-Saf

### III. Le bilan d'eau

La tendance à la sub-humide du bassin du Saf-Saf peut se voir confirmer par l'analyse du bilan d'eau. En effet, le but de ce dernier est d'évaluer la répartition des précipitations reçues par le bassin versant entre les différentes composantes du bilan hydrique, à savoir, l'écoulement, l'infiltration, et l'évapotranspiration. Ce dernier paramètre étant le plus important, car il conditionne l'abondance ou l'absence de l'écoulement.

#### III.1. Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. Thornthwaite

La formule de calcul de l'évapotranspiration potentielle selon C.W. Thornthwaite tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle.

Vu les caractéristiques intermédiaires du climat méditerranéen, cette formule est applicable dans le bassin du Saf-Saf. La méthode de Thornthwaite permet à partir des données de base (précipitations (mm), température (°C), le coefficient thermique mensuel (k), et l'indice thermique mensuel (I) de calculer l'évapotranspiration potentielle ETP selon la relation suivante:

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{t}{I} \right)^a . k$$

où :

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.5} \quad \text{et} \quad I = \sum_1^{12} i \quad \text{et} \quad a = 0,016 \cdot I + 0,5$$

Cette méthode est basée sur la notion de réserve facilement utilisable (RFU), et nous admettons que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU) qui pourrait reprise par l'ETP. (RFU max = 100mm).

Nous établirons un bilan à l'échelle mensuelle, seulement pour les deux stations, de Skikda et celle d'El Harrouch, représentant de la totalité du bassin du Saf-Saf. Les résultats obtenus sont reportés sur les tableaux 14 et 15.

Tableau .14. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2005/06)

Mois Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Total
<b>P (mm)</b>	37.7	70.0	100.4	127.7	111.7	96.7	70.6	63.5	36.0	14.3	2.7	10.4	<b>741.7</b>
<b>T (c°)</b>	23.4	20.4	16.2	13.5	12.3	12.4	13.7	15.3	18.4	21.7	24.5	25.3	<b>18.1</b>
<b>i</b>	10.12	8.24	5.83	4.44	3.86	3.91	4.54	5.35	7.06	9.04	10.85	11.38	<b>I=84.62</b>
<b>K</b>	1.05	0.91	0.75	0.70	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	/
<b>ETP (mm)</b>	110.29	74.16	39.90	26.58	23.33	25.31	39.79	55.04	88.88	121.51	152.09	150.48	<b>907.36</b>
<b>ETR (mm)</b>	37.7	70.0	39.90	26.58	23.33	25.31	39.79	55.04	88.88	61.42	2.7	10.4	<b>481.05</b>
<b>RFU</b>	0	0	60.50	100	100	100	100	100	47.12	0	0	0	/
<b>Excédent</b>	0	0	0	61.62	88.37	71.39	30.81	8.46	0	0	0	0	<b>260.65</b>
<b>D .A</b>	72.59	4.16	0	0	0	0	0	0	0	60.09	149.39	140.08	<b>426.31</b>

Tableau .15. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station d'El Harrouch (1970/71-2005/06)

Mois Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Total
<b>P (mm)</b>	34.3	49.1	69.9	96.4	84.7	69.0	60.4	50.5	34.6	11.8	3.3	8.8	<b>572.8</b>
<b>T (c°)</b>	23.4	20.4	16.2	13.5	12.3	12.4	13.7	15.3	18.4	21.7	24.5	25.3	<b>18.1</b>
<b>i</b>	10.12	8.24	5.83	4.44	3.86	3.91	4.54	5.35	7.06	9.04	10.85	11.38	<b>I=84.62</b>
<b>K</b>	1.05	0.91	0.75	0.70	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	/
<b>ETP (mm)</b>	110.29	74.16	39.90	26.58	23.33	25.31	39.79	55.04	88.88	121.51	152.09	150.48	<b>907.36</b>
<b>ETR (mm)</b>	34.3	49.1	39.90	26.58	23.33	25.31	39.79	55.04	88.88	52.98	3.3	8.8	<b>447.31</b>
<b>RFU</b>	0	0	30.00	99.82	100	100	100	95.46	41.18	0	0	0	/
<b>Excédent</b>	0	0	0	0	61.19	43.69	20.61	0	0	0	0	0	<b>125.49</b>
<b>D .A</b>	75.99	25.06	0	0	0	0	0	0	0	68.53	148.79	141.68	<b>460.05</b>

Afin de visualiser les résultats obtenus du bilan d'eau à la station de Skikda et celle d'El Harrouch, des représentations graphiques des données sur les figures 17 et 18 illustrent bien la situation.

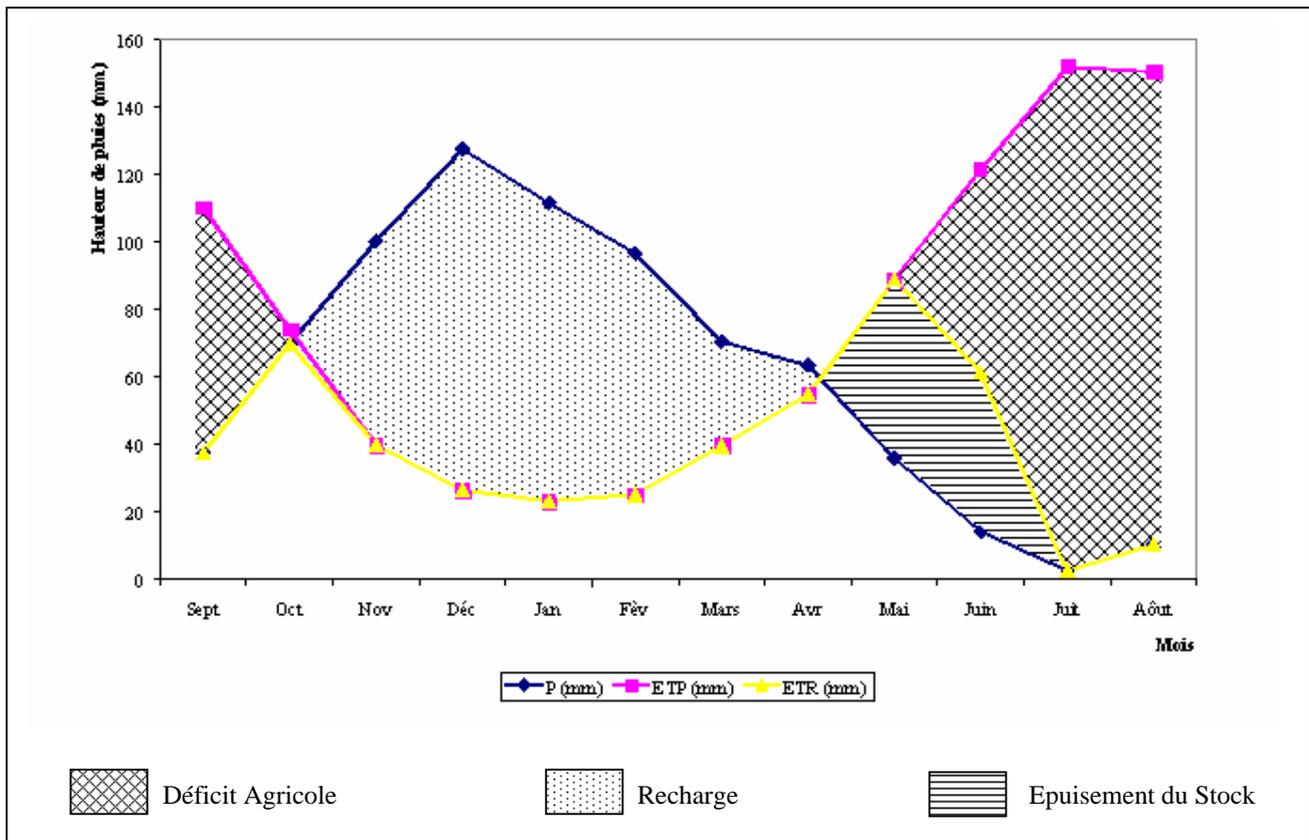


Figure.17. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda (1970/71-2005/06)

La représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite de la station de Skikda montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de Juillet pour une valeur de 152,09 mm, ce qui produit un déficit agricole de 149,39 mm, nécessitant une irrigation pour les zones de culture. Cependant, durant les mois de Novembre jusqu'au Mars, on remarque une recharge de la nappe. Lorsque celle-ci dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir vers le ruissellement superficiel.

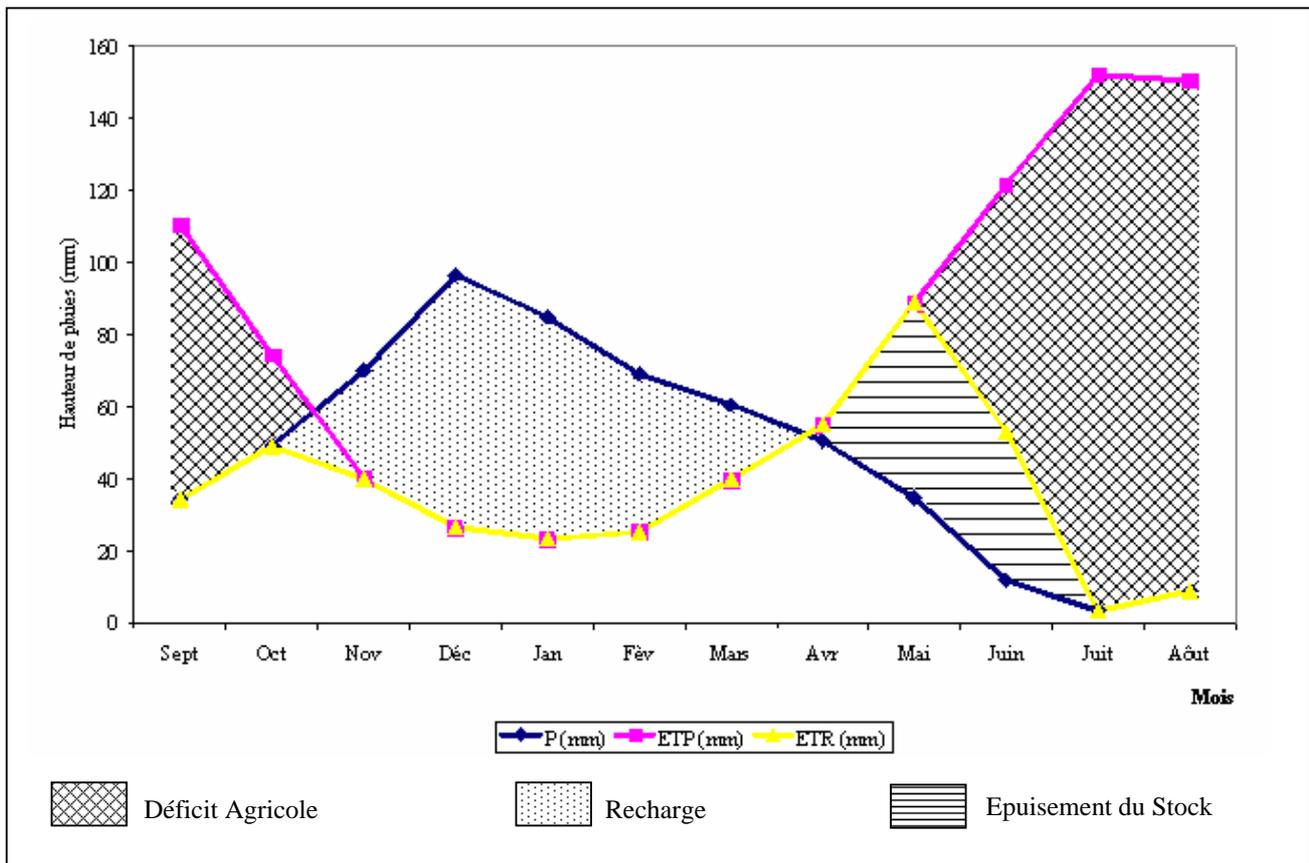


Figure.18. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station d' El Harrouch (1970/71-2005/06)

A la station d'El Harrouch, et d'après le graphe du bilan d'eau, on constate que la recharge des nappes se fait en période hivernale allant de Décembre jusqu'au Mars. Un épuisement des réserves est apparent durant le mois de Mai et Juin. La période déficitaire débute au mois de Juin jusqu'en Septembre, avec un maximum d'évapotranspiration de 152.09 mm au mois de Juillet. Des valeurs de déficit agricole plus ou moins importantes durant cette période déficitaire, nécessitant le recours aux eaux souterraines pour satisfaire les besoins d'irrigation.

### III.2. Le calcul de l'ETR par la méthode de Turc

La formule de Turc permet d'évaluer directement l'ETR annuelle du bassin du Saf-Saf à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle, selon la formule:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} \quad (\text{en mm / an}) \quad \text{où } L = 300 + 25 T + 0,05 T^3 .$$

Avec;

ETR: Evapotranspiration réelle (mm / an).

P: Hauteur annuelle de pluies (mm).

T: Température moyenne annuelle (° C).

#### ➤ Station de Skikda

P=741.7 mm, T=18.1 °C, L= 1048.99 ⇒ **ETR = 628.56 mm** soit 84,75 % des Précipitations.

#### ➤ Station d'El Harrouch

P=572.8 mm, T=18.1 °C, L= 1048.99 ⇒ **ETR = 525.50 mm** soit 91,74 % des Précipitations.

#### RQ:

Les valeurs de l'ETR selon Turc sont trop élevées, puisqu'il utilise des valeurs moyennes annuelles des précipitations.

### III.3. Le calcul du Ruissellement (R)

On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain et dans le réseau hydrographique des eaux météoriques. Une infime partie de cette eau sera soumise à l'infiltration qui alimentera les nappes souterraines.

Pour matérialiser la valeur du ruissellement nous allons appliquer la méthode approchée de Tixeront-Berkaloff, qui s'écrit;

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec;

R : ruissellement (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm / an). (selon Thornthwaite)

P : Hauteur annuelle de pluies (mm).

#### ➤ Station de Skikda

P =741.7 mm, ETP= 907.36 mm ⇒ **R = 165,20 mm** soit 22,27 % des Précipitations.

#### ➤ Station d'El Harrouch

P =572.8 mm, ETP= 907.36 mm ⇒ **R = 76,09 mm** soit 13,28 % des Précipitations.

### III.4. L'estimation du bilan hydrique

La formule générale du bilan hydrique donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur des grandes périodes.

$$P = ETR + R + I$$

Avec;

P : Hauteur annuelle de pluies (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm / an).

R : Ruissellement (mm).

I : Infiltration (mm).

Donc; 
$$I = P - (ETR + R)$$

#### ➤ Station de Skikda

P = 741.7 mm, ETR = 481.05 mm, R = 165,20 mm  $\Rightarrow$  **I = 95,45 mm** soit 12,87 % des Précipitations.

#### ➤ Station d'El Harrouch

P = 572.8 mm, ETR = 447.31 mm, R = 76.09 mm  $\Rightarrow$  **I = 49.40 mm** soit 8,63 % des Précipitations.

Les différentes composantes du bilan d'eau des deux stations sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau.16. Les différentes composantes du bilan hydrique

Param Station	P (mm / an)	R (mm / an)	I (mm / an)	ETR (mm/an)	ETP (mm/an)	Déficit (mm/an)
Skikda	741,7	165,20	95,45	481,05	907,36	165,66
	100 %	22,27 %	12,87 %	64,86 %	/	/
El Harrouch	572,8	76,09	49,40	447,31	907,36	334,56
	100 %	13,28 %	8,63 %	78,09 %	/	/

D'après le tableau récapitulatif des différentes composantes du bilan hydrique, on constate que les précipitations à la station de Skikda sont nettement supérieures aux celles de la station d'El Harrouch.

L'évapotranspiration réelle est considérable à la station d'El Harrouch, avec un taux de 78 % de la totalité des précipitations, tandis qu'elle ne dépasse pas les 65 % à la station de Skikda.

Le ruissellement et l'infiltration calculés sont de l'ordre de 22,27 % et 12,87 % respectivement pour la station de Skikda. Cependant, à la station d'El Harrouch, le ruissellement est de l'ordre de 13,28 % et l'infiltration n'atteint pas les 9 %.

Le déficit agricole des précipitations est de l'ordre de 165 mm à la station de Skikda, alors qu'il est doublé à la station d'El Harrouch et dépasse les 334 mm.

## Conclusion

Le bassin versant du Saf-Saf est soumis à un climat méditerranéen, appartenant au domaine humide à sub-humide. Il est caractérisé par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations. La répartition spatiale de ces dernières, montre une diminution des précipitations de l'aval vers le centre du bassin, puis une augmentation vers l'amont montagneux. La température moyenne annuelle modérée dans le bassin du Saf-Saf est de l'ordre de 18°C. Ces résultats de température et de précipitations définissent deux saisons typiques du climat méditerranéen, avec une saison sèche et une autre humide.

La moyenne annuelle de la lame d'eau précipitée sur le bassin du Saf-Saf est de l'ordre de 661mm (selon la méthode de Thiessen). L'évapotranspiration réelle moyenne est estimée à 464 mm /an, représentant 71,50 % de la totalité des précipitations. Un déficit agricole appréciable est estimé à 250 mm / an, soit 39,55 % de la lame d'eau précipité, répartie du mois de Juin jusqu'au Octobre.

Le surplus d'eau va partir sous forme de ruissellement, qui est calculé à 120,6 mm / an, ce qui présente plus de 17,80 % des précipitations. Le reste va déloger sous forme d'infiltration, qui correspond à 72,4 mm / an, soit 10,70 % de la totalité des précipitations.

La réserve facilement utilisable (RFU) n'est pleine que de Décembre à Avril. Quant à son épuisement, il dure sept mois.

La représentation graphique du bilan hydrique, nous laisse dire que la recharge des nappes débute au mois d'Octobre jusqu'à la mi-Avril, avec un maximum durant le mois de Décembre. Concernant l'épuisement du stock, il débute à la fin d'Avril jusqu'à la fin du Juin, où le déficit agricole commence et se prolonge jusqu'à la fin du mois de Septembre.

# CHAPITRE : III

## CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES & HYDROGEOLOGIQUES DU BASSIN DU SAF-SAF

---

### **I. L'Hydrologie du bassin**

#### **I.1. L'étude de l'écoulement superficiel**

Les différents facteurs climatiques étudiés précédemment et leur influence, caractérisent le régime des cours d'eau. Ainsi, l'évaluation plus ou moins précise des ressources en eau et leurs disponibilités potentielles, est étroitement liée au comportement hydrologique des cours d'eau.

L'étude du régime fluviale passe donc par la prise en compte de l'écoulement superficiel avec ses aspects fondamentaux;

- Débits moyens mensuels et annuels.
- Variation saisonnière des débits.

### I.1.1. Présentation

Le bassin du Saf-Saf est traversé essentiellement par les oueds de Khémakhem, Bou Adjeb, le Saf-Saf et ses affluents, ces oueds contribuent par une grande part à l'alimentation des eaux souterraines.

Malheureusement, ce bassin est mal équipé de stations hydrométriques, il ne dispose qu'une seule station de Khémakhem, contrôlant le sous bassin de Zardézas d'une superficie de 322 Km<sup>2</sup> (partie amont du bassin du Saf-Saf). Pour le reste (70 % du bassin versant total), il n'existe en effet aucune station qui contrôle l'exutoire du bassin. Un réseau hydrométrique est donc jugé très faible, ce qui nécessite le recours aux formules empiriques dans l'étude de l'écoulement superficiel du bassin. Pour quantifier ces apports nous avons essayé d'analyser les volumes d'eau jaugés à la station de Khémakhem sur une période de vingt-neuf ans (1973/74-2001/02).

### I.1.2. L'hydrographie

D'une superficie totale de 1158 Km<sup>2</sup> au droit de son débouché en mer, la vallée de l'oued Saf-Saf se divise en trois parties ayant des caractéristiques sensiblement différentes:

- Le sous bassin versant de Zardézas est formellement montagneux; ses écoulements sont contrôlés dans leur totalité par le barrage même et la station hydrométrique de Khémakhem. Les mesures effectuées à cette station jouent un rôle essentiel dans l'estimation de l'écoulement sur le tronçon aval.
- La zone intermédiaire comprend le tronçon aval du barrage de Zardézas jusqu'à la confluence avec l'oued Zeramna. Cette partie se compose de l'oued principal, des sous bassins indépendants ayant une superficie considérable: oued Maïguen 61Km<sup>2</sup>, oued Nessa 87 Km<sup>2</sup>, oued Aneur 137 Km<sup>2</sup>, oued Hadaratz 154 Km<sup>2</sup>, à la partie aval de Ramdane Djamel (sur 20 Km environ), les débits et les autres caractéristiques de l'oued sont pratiquement uniformes.
- La zone industrielle à Skikda se diffère complètement des oueds naturels. La longueur de ce tronçon est 2 km environ, le lit est artificiellement élargi, les berges sont protégées (revêtement solide et enrochements). Outre les débits naturels, ce tronçon sert à reconduire les eaux de refroidissement des usines pétrochimiques à la mer, que résulte de l'ordre de 20 à 30 m<sup>3</sup>/s.

En réalité, cette partie de l'oued est le récipient commun des oueds Saf-Saf, l'oued Zeramna et des eaux provenant de la rive droite ( les oueds moindres : Marhoum, Meknesset et Guelta ). L'oued Zeramna et ces dernières résultent une supplément de surface drainée total de 167 km<sup>2</sup>, (le bassin versant du Zeramna étant 132 km<sup>2</sup>).

## I.2. Les débits moyens annuels et leur variabilité

### I.2.1. Les fluctuations interannuelles

La figure.19 élaborée à partir du tableau.17 représente les variations interannuelles des débits annuels moyens, maximaux journaliers et maximaux instantanés, enregistrées à la station de Khémakhem (1973/74 – 2001/02).

On observe une nette irrégularité interannuelle des débits moyens absolus (CV = 92,45 %) <sup>(1)</sup>. Le module interannuel est de l'ordre de 0,95 m<sup>3</sup>/s, valeur dépassée seulement 10 fois pendant toute la période. Où l'année 1984/85 a battu le record avec 4,10 m<sup>3</sup>/s de débit moyen annuel, soit un ratio  $Q_{84/85} / Q_{73/02} = 4$ , ainsi que l'année 1986/87 avec 2,08 m<sup>3</sup>/s soit un ratio d'environ 2.

(1) : CV : Coefficient de Variation.  $CV = (dQ / Q) * 100$ . dQ : écart type, Q : moyenne des débits moyens absolus

Par ailleurs, ce module a dépassé les valeurs annuelles 19 fois dont l'année 1996/97 qui était la moins abondante en écoulement moyen ( $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ ) avec un ratio  $Q_{73/02} / Q_{96/97} = 24$ .

### **I.2.2. Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues)**

Pendant la période allant de 1973/74 à 2001/02, le bassin du Saf-Saf a été marqué par des crues de grande amplitude. Elles ont provoqué d'importants dégâts au bassin inférieur du Saf-Saf et la basse ville de Skikda en particulier, parmi lesquels nous citons :

- **La crue du 3 Février 1984 :**

Lors de cette crue, le débit maximal instantané a été de l'ordre de  $745,1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Ratio  $Q_i 3/2/84 / Q_i 73-02 = 6$ ), tant au journalier il a atteint  $283,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Ratio  $Q_j 3/2/84 / Q_j 73-02 = 7$ ).

- **La crue du 30 Décembre 1984 :**

L'année 84/85 a été marquée par cette crue qui a pu atteindre respectivement les débits instantané et journalier de  $558,6$  et  $404 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- **La crue du 8 Mars 1985 :**

Avait les débits de  $266,5 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $132,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , et c'est par ces deux dernières crues que l'année 84/85 a été de telle abondance en écoulement moyen.

Ces crues et autres sont caractérisées par la coïncidence de date entre le débit de pointe et le débit maximal journalier, cela nous fait penser qu'elles étaient étalées dans le temps.

Le phénomène des crues est un incident exceptionnel d'une grande irrégularité interannuelle, et cela est nettement justifié par les coefficients de variations qui ont largement dépassé les 100 % ( $133,27$  et  $149,72$  %).

L'année 83/84 se place en 1<sup>er</sup> rang par son débit instantané  $745,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , et en 2<sup>ème</sup> position par son débit journalier. L'année 1984/85 est sans doute l'année à débit journalier leader pendant toute la période ( $404 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Tableau .17. Variations interannuelles des débits moyens et maximaux à la station de Khemakhem (1973 – 2002)

Année	O <sub>i</sub> max (m <sup>3</sup> /s)	Date	O <sub>j</sub> max (m <sup>3</sup> /s)	Date	O moy (m <sup>3</sup> /s)
73/74	19,00	25-sept.	5,66	27-oct.	0,19
74/75	78,02	17-févr.	23,51	17-févr.	0,27
75/76	52,88	14-mars	29,68	14-mars	0,78
76/77	54,38	18-nov.	27,25	18-nov.	0,53
77/78	9,72	7-févr.	9,72	7-févr.	0,42
78/79	68,35	16-avr.	40,70	16-avr.	1,86
79/80	27,50	6-mars	10,76	6-mars	0,28
80/81	17,50	31-déc.	8,56	31-déc.	0,32
81/82	23,98	7-mars	11,34	7-mars	0,68
82/83	82,77	11-nov.	68,35	11-nov.	0,91
83/84	<b>745,10</b>	3-févr.	<b>283,20</b>	3-févr.	1,70
84/85	<b>558,60</b>	30-déc.	<b>404,00</b>	30-déc.	<b>4,10</b>
85/86	12,17	9-mars	4,95	9-mars	0,25
86/87	<b>127,00</b>	1-avr.	<b>74,69</b>	1-avr.	<b>2,08</b>
87/88	10,30	9-mars	6,44	9-mars	0,19
88/89	127,00	21-déc.	38,07	21-déc.	0,57
89/90	38,25	5-ianv.	11,92	5-ianv.	0,19
90/91	120,10	24-déc.	47,79	24-déc.	1,64
91/92	78,30	10-avr.	23,31	10-avr.	0,87
92/93	284,50	31-déc.	114,80	31-déc.	1,85
93/94	103,20	19-févr.	56,48	19-févr.	0,97
94/95	<b>284,00</b>	8-ianv.	<b>136,40</b>	8-ianv.	1,36
95/96	188,60	7-oct.	57,90	28-févr.	1,49
96/97	5,48	26-déc.	2,01	11-ianv.	0,04
97/98	127,00	6-déc.	34,0 1	6-déc.	0,93
98/99	<b>136,30</b>	28-nov.	53,11	28-nov.	<b>2,04</b>
99/00	-	-	-	-	0,47
00/01	-	-	-	-	0,68
01/02	-	-	-	-	0,14
Moy 73/02	130,00	-	60,95	-	<b>0,95</b>
CV % 73/02	133,27	-	149,72	-	<b>92,45</b>
Max 73/02	<b>745,10</b>	-	<b>404,00</b>	-	<b>4,10</b>

Source. ANRH.2006

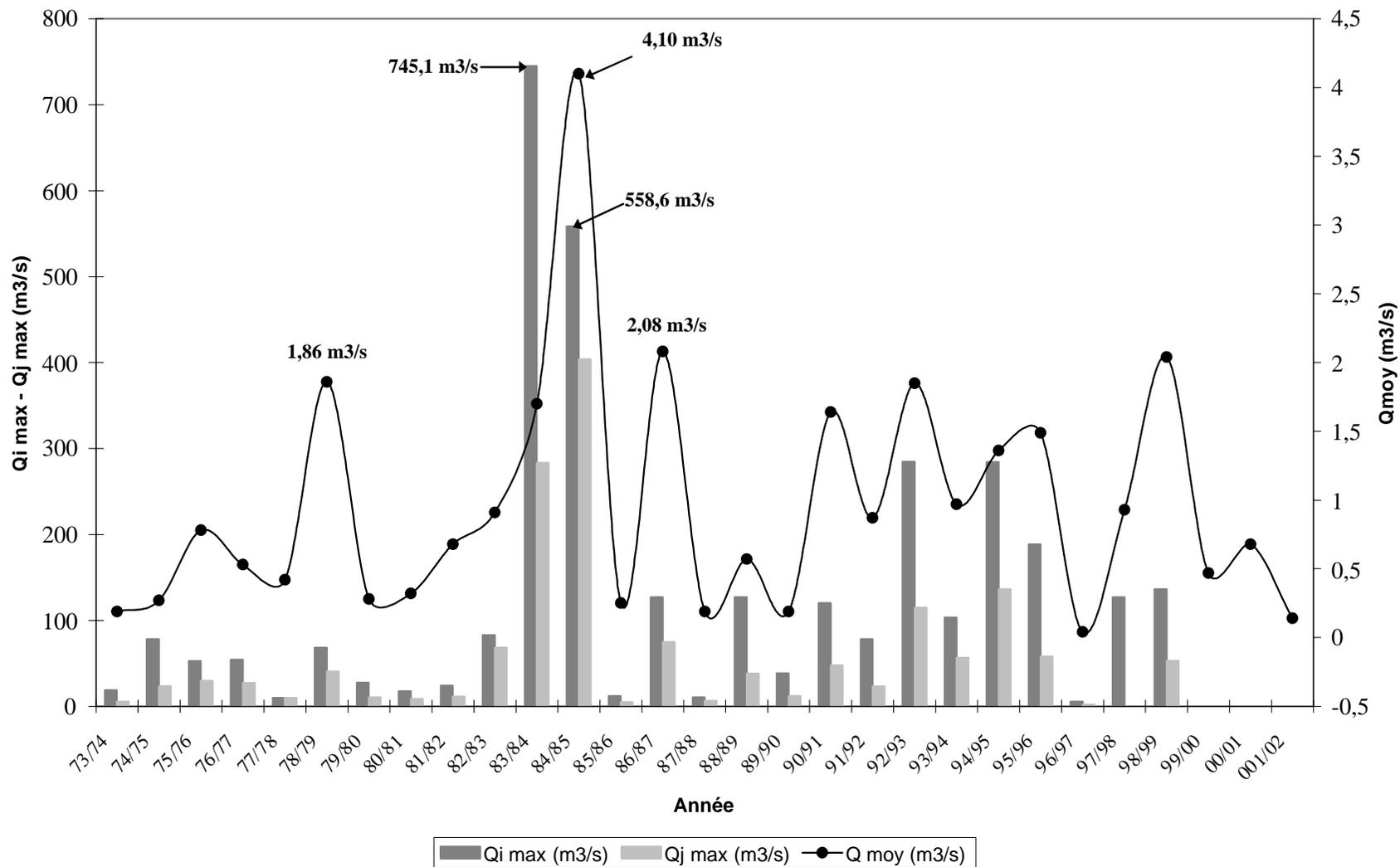


Figure.19. Variations interannuelles des débits moyens et maximaux à la station de Khémakhem (1973/74 – 2001/02)

### I.3. Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux :

L'analyse des débits mensuels permet de mettre en lumière les régimes des cours d'eau, et leurs variations interannuelles et intersaisonnières.

En vue de comprendre les régimes moyen et maximal de l'écoulement, nous essayerons de faire ressortir les mois les plus abondants en écoulement de surface et ses valeurs moyennes et maximales (débits de pointe),

La figure.20 réalisé à partir du tableau.18 représente les variations intermensuelles des débits mensuels interannuels moyens et maximaux (Khémakhem 1973/74 – 2001/02).

Tableau.18. Les débits mensuels interannuels : Moyens et maximaux à la station de Khémakhem (1973/74 – 2001/02)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
<b>Qmoy</b> 73-02	0,03	0,14	0,50	1,94	2,11	2,93	1,98	1,04	0,63	0,23	0,03	0,02
<b>Le max Interannuel</b>	0,27	1,38	3,74	19,18	11,72	14,11	14,67	6,18	7,58	4,84	0,33	0,17
<b>Année du max</b>	97/98	95/96	98/99	84/85	92/93	83/84	84/85	78/79	78/79	78/79	78/79	01/02
<b>Qmax</b> 73-02	0,38	2,68	7,92	29,33	17,13	24,78	14,63	11,18	3,38	0,9	0,16	0,08
<b>Le max Interannuel</b>	3,86	28,88	54,38	404,0	136,4	283,2	132,1	74,69	21,55	12,54	1,58	1,47
<b>Année du max</b>	97/98	95/96	82/83	84/85	94/95	83/84	84/85	86/87	91/92	82/83	82/83	89/90
<b>Ratio</b> Qmax/Qmoy	13	19	15	15	8	8	7	11	5	4	5	4

Source. ANRH.2006

En effet, la saison humide (hiver et printemps) allant de Décembre à Avril est la plus abondante en écoulement moyen maximal, le régime moyen du bassin du Saf-Saf d'une alimentation essentiellement pluviale, présente un maximum au mois de Février (2,93 m<sup>3</sup>/s), avec un maximal de série observé au Février 1984 (14,11 m<sup>3</sup>/s), suivi de près par Janvier (2,11 m<sup>3</sup>/s) et sa valeur maximale était au mois de Janvier 1993 (11,72 m<sup>3</sup>/s).

Cependant, les écoulements moyens ne correspondent pas forcément aux écoulements maximaux, où on trouve la concentration des écoulements de pointe en deux mois pics : Décembre en premier lieu (29,33 m<sup>3</sup>/s) avec un maximum interannuel de 404,0 m<sup>3</sup>/s observé en Décembre 1984, suivi du mois de Février (24,78 m<sup>3</sup>/s) et son maximum était en 83/84 (283,2 m<sup>3</sup>/s), qui est en revanche le mois le plus abondant en écoulement moyen.

Le ratio Qmax 73-02/ Qmoy 73-02 exprime la participation des écoulements de pointes dans les écoulements moyens mensuels, il est de l'ordre de 19 pour le mois d'Octobre qui correspond à l'automne, caractérisé surtout par les pluies dites battantes : spatio-temporellement limitées, outre la structure dégradée du sol après une longue saison d'aridité donc, aboutissant à des crues de grands débits mais de très courtes durées.

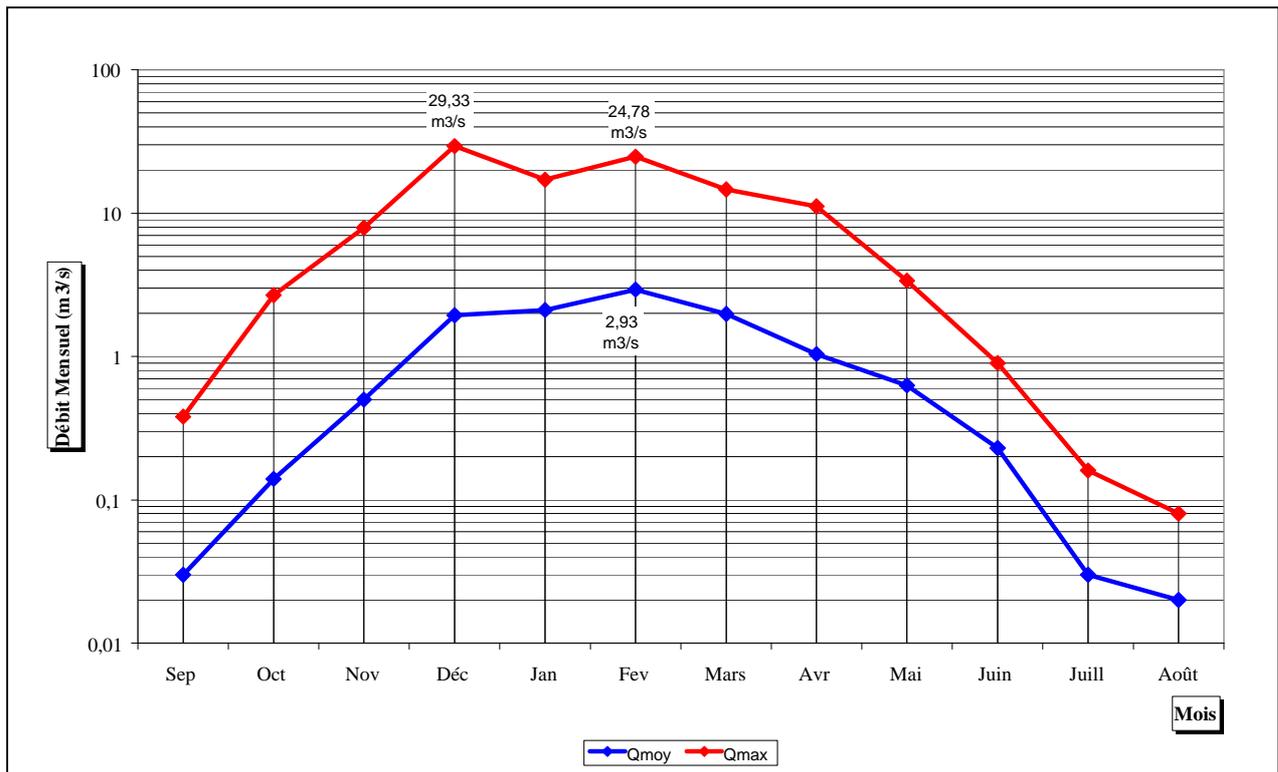


Figure.20. Variations mensuelles des débits interannuels moyens et maximaux à la station de Khémakhem (1973/74 – 2001/02)

**I.4. L'évaluation de la lame d'eau écoulee et le bilan d'écoulement**

Les oueds Bou Adjeb et Khémakhem transitent ensemble un débit moyen annuel de 0,95 m³/s pour un bassin partiel de 322 km², correspond à la période de (1973-2002).

Le débit spécifique pour le même bassin et la même période est de 2,95 l/s/Km², ce qui donne une tranche d'eau ruisselée de 93 mm.

Donc le bilan d'écoulement s'écrit :

$$P \text{ (mm)} = E \text{ (mm)} + \Delta \text{ (mm)}$$

Où;

P : Lamme d'eau moyenne précipitée (mm).

E : Lamme d'eau annuelle moyenne écoulee (mm).

Δ : Déficit d'écoulement (mm).

C : Coefficient d'écoulement (%) ;  $C = (E / P) \cdot 100$

Tableau.19. Récapitulatif de l'estimation de la lamme d'eau écoulee et le bilan d'écoulement à la station de Khémakhem (1973/74-2001/02)

Station Hydrométrique	Superficie BV (Km²)	Précipitation (mm)	Débit moyen Q (m³/s)	Débit spécifique (L/s/Km²)	E (mm)	Δ (mm)	C (%)
<b>Khémakhem</b>	322	636,3	0,95	2,95	93	543,3	14,6

Ces valeurs du bilan d'écoulement superficiel retenues à la station de Khémakhem montre qu'à partir d'une précipitation de 636.3 mm/an (à la station de Zardézas 1970/71-2005/06), on a une lame d'eau écoulée de l'ordre de 93 mm, soit un taux de 14,6 %, une valeur très faible par rapport à la lame d'eau précipitée. Le déficit d'écoulement : 543.3 mm traduit une forte évapotranspiration de l'ordre de 85,4 % des précipitations.

### Conclusion

L'étude de l'écoulement superficiel du bassin du Saf-Saf a permis de retenir que l'irrégularité temporelle (annuelle et mensuelle), est le caractère capital de l'écoulement moyen ainsi que l'écoulement maximal (crues).

Le module moyen interannuel est de l'ordre de  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , valeur peu significative car outre que c'est une moyenne modérée, le débit moyen annuel absolu est d'une haute variabilité interannuelle ( $\text{CV} = 92,45 \%$ ), où ce module peut amplement devancer ou être devancé par les débits moyens de quelques années ( $Q_{73/98} / Q_{96/97} = 27$  et  $Q_{84/85} / Q_{73/98} = 4$ ).

Similairement à l'écoulement moyen, l'écoulement de crue est d'une plus importante irrégularité ( $\text{CV} = 133,27 \%$  et  $149,72 \%$ ), où on a détecté des crues d'une grande importance semblablement à celle de Décembre 1984 ( $Q_{j \text{ max}} = 404 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ou celle du 8 Janvier 1995 ( $Q_{j \text{ max}} = 136,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Les régimes moyens des pluies et écoulements mensuels ont présenté une concordance temporelle relative, où les mois les plus pluvieux sont – le plus souvent – les mieux abondants en écoulement.

À l'opposé du régime moyen, les valeurs maximales des pluies et des écoulements mensuels semblent d'un parfait accord où, les débits de pointe sont directement engendrés par des pluies mensuelles maximales qui leur sont temporellement adéquates (tel le cas de : Déc 1984, Jan 1995 et Fév 1984).

Une lame d'eau écoulée est estimée à 93 mm, soit un taux de 14,6 %, une valeur très faible par rapport à la lame d'eau précipitée. Le déficit d'écoulement : 543.3 mm traduit une forte évapotranspiration de l'ordre de 85,4 % des précipitations.

L'année hydrologique 1984/85 est une année exceptionnelle de part :

- **Son écoulement moyen** ( $4,10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) représentant plus que 4 fois le module de la période ( $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- **Son écoulement journalier maximal** ( $404,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) étant valeur record pendant toute la période.
- **Sa pluviométrie** exceptionnelle placée en 1<sup>ère</sup> position pendant toute la période (1970/71-2005/06), à tous les niveaux : annuel (1039,4 mm), mensuel (452,5 mm) et journalier (137 mm), outre qu'elle a été marquée par deux crues importantes (Décembre et Mars).

## II. Les Caractéristiques Hydrogéologiques du bassin

### Introduction

L'étude hydrogéologique permet de compléter et de confirmer ce qui a été précédemment énoncé par la géologie. Donc cette étude s'avère nécessaire pour arriver à une bonne connaissance des horizons aquifères, ainsi que leur caractéristiques hydrodynamiques.

Dans ce chapitre, on s'intéresse essentiellement à la basse vallée de l'oued Saf-Saf (en aval du barrage du Zardézas); c'est dans cette partie du bassin où l'oued Saf-Saf débouche dans une série de dépressions : El Harrouch, Salah Bouchaour, Emjez Edd Chich, Ramdane Djamel, puis la plaine de Skikda.

Cette étude se base sur les données des essais de pompages et des mesures du niveau piézométriques des forages, fournies par la DHW de Skikda et l'ANRH de Constantine.

### II.1. Les horizons aquifères

L'étude géologique et géophysique menées dans la zone d'étude ont décelé l'existence de trois différents aquifères; un aquifère poreux (du Quaternaire et du Tertiaire), aquifère Karstique et un autre à système binaire. La superposition de ces trois horizons nous donne plusieurs nappes qui représentent les différents types d'aquifères existants dans la région.

#### II.1.1. L'aquifère poreux

Il est caractérisé par des roches meubles non consolidées: graviers, sables, grés, poudingues....etc. Ces formations laissent passer de l'eau. Dans notre cas, il existe deux aquifères poreux: celui du Quaternaire et du Tertiaire, chacun d'eux peut former un aquifère important en prenant les roches métamorphiques ou les argiles noires du Numidien comme substratum.

L'épaisseur des alluvions varie d'un sous bassin à un autre, dans le sous bassin d' El Harrouch, l'épaisseur des alluvions est de 5 à 10 m (étude Géophysique dans la zone); la même épaisseur est observée à Salah Bouchaour. A Ramdane Djamel, elle est de 15 à 30 m, par contre dans le sous bassin de Zeramna (El Hadaeik), l'épaisseur varie de 5 à 15 m. dans la plaine de Skikda (Hamadi Krouma); les niveaux de galets sont très peu épais.

#### II.1.2. L'aquifère Karstique

Il est constitué par des roches compactes, telles que les roches carbonatées (calcaires, calcaires dolomitiques, dolomies...etc), cet aquifère peut être fissuré et fracturé à cause des phases tectoniques affectant la région. Les aquifères karstique dans la zone d'étude se trouvent à Kef M'Souna, Djebel Tasselment et Djebel El Ghédir.

L'aquifère karstique peut être libre en l'absence des formations Tertiaires. Si non, il est captif; kef M'Souna est un aquifère karstique captif en présence des argiles noires formant son toit.

#### II.1.3. L'aquifère à système binaire

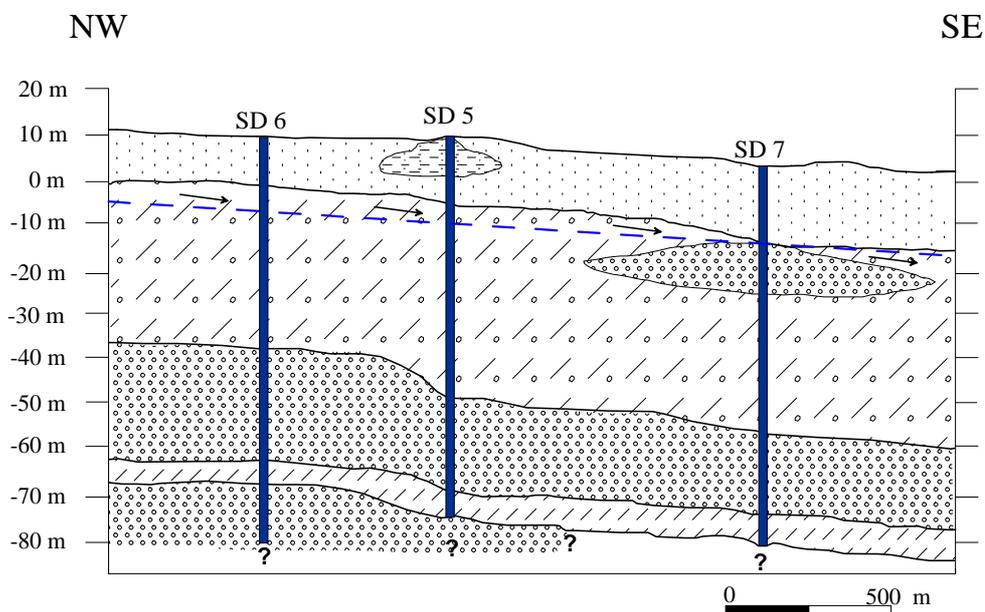
Il est constitué par la superposition de roches poreuses (formations perméables: grés) sur des roches compactes (calcaire: formations karstiques), avec intercommunication des deux réservoirs. Cette dernière constitue ce qu'on appelle le système binaire.

Dans notre cas, le système binaire est composé d'un aquifère poreux et d'un autre karstique, le premier est constitué de grés, de poudingues et des conglomérats, d'une puissance de 200 m. Le deuxième, quant à lui est constitué de formations carbonatées (calcaire à nummulites et des calcaires liasiques), d'une épaisseur d'environ 200 m.

L'aquifère binaire (profond) est en charge dans sa quasi-totalité, reposant sur des formations métamorphiques, et son toit est formé d'argiles noires. Par endroit, les argiles disparaissent et l'aquifère superficiel poreux sera en contact direct avec l'aquifère profond.

**II.2. Les profils hydrogéologiques**

En vue de mieux comprendre le système hydrogéologique, et de mettre en évidence l'extension des formations aquifères de la plaine alluviale du Saf-Saf, des profils hydrogéologiques ont été réalisés à partir des colonnes stratigraphiques et lithologiques des forages. Parmi eux, celui d'une orientation NW-SE effectué dans la basse plaine de Skikda. Il 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. Le substratum est constitué d'une manière générale de marnes à graviers, d'une épaisseur variable de 35 à 45 m. Le sens d'écoulement est du Nord vers le Sud, favorisé par une légère inclinaison du substratum. Notant aussi, la présence d'une lentille de graviers au sein du substratum de 10 m d'épaisseur (SD 7).



**Légende :**

- |  |                              |  |                          |
|--|------------------------------|--|--------------------------|
|  | Sables (nappe superficielle) |  | Marnes à graviers (toit) |
|  | Gravier (nappe captive)      |  | Marnes (substratum)      |
|  | Lentille argilo-sableuse     |  | Forages                  |
|  | Niveau piézométrique         |  | Sens d'écoulement        |

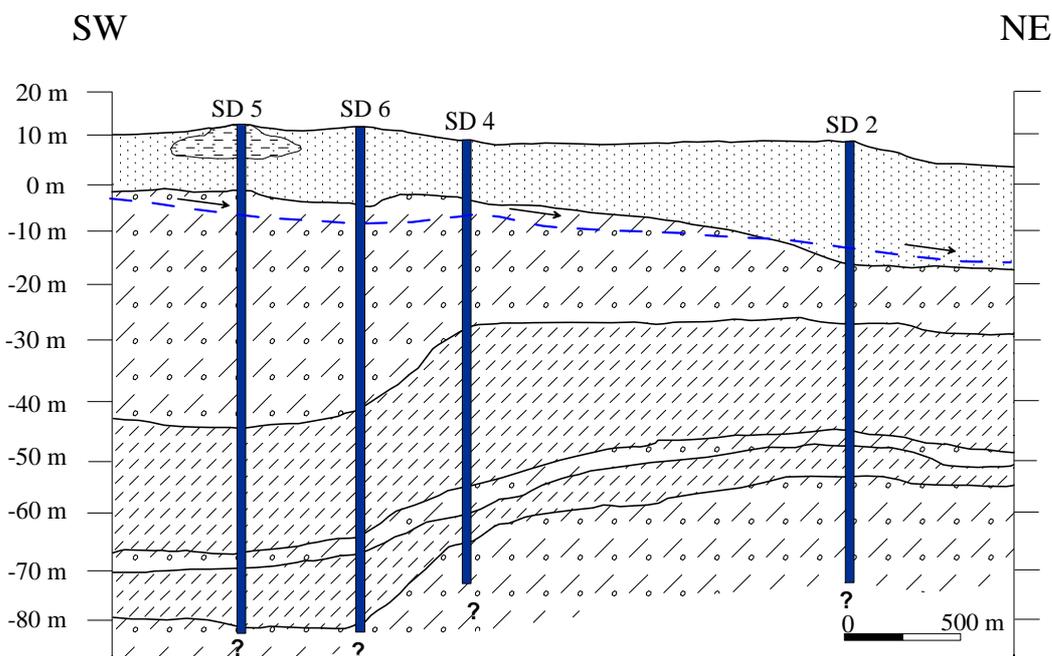
Figure.21. Profil hydrogéologique schématique de la nappe alluviale du Saf-Saf. (NW-SE)

Le second aquifère est captif à semi captif, formé essentiellement 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, l'inclinaison suit toujours l'allure du substratum avec une pente qui diminue du Nord-Ouest au Sud-Est.

Le troisième aquifère apparaît nettement dans la partie NW de la plaine (les deux forages SD6 et SD5), l'épaisseur approximative apparente sur la coupe est de 15 m.

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

Concernant les paramètres hydrodynamiques<sup>(1)</sup>, la transmissivité varie de  $3.10^{-4}$  et  $1.10^{-2} m^2/s$  avec une perméabilité de l'ordre de  $10^{-5} m/s$ . Le débit total calculé sur les puits et les forages couvrant plus ou moins le bassin du Saf-Saf est de 676 l/s.



**Légende :**

- |  |                              |  |                          |
|--|------------------------------|--|--------------------------|
|  | Sables (nappe superficielle) |  | Marnes à graviers (toit) |
|  | Gravier (nappe captive)      |  | Marnes (substratum)      |
|  | Lentille argilo-sableuse     |  | Forages                  |
|  | Niveau piézométrique         |  | Sens d'écoulement        |

Figure.22. Profil hydrogéologique schématisé de la nappe alluviale du Saf-Saf. (SW-NE)

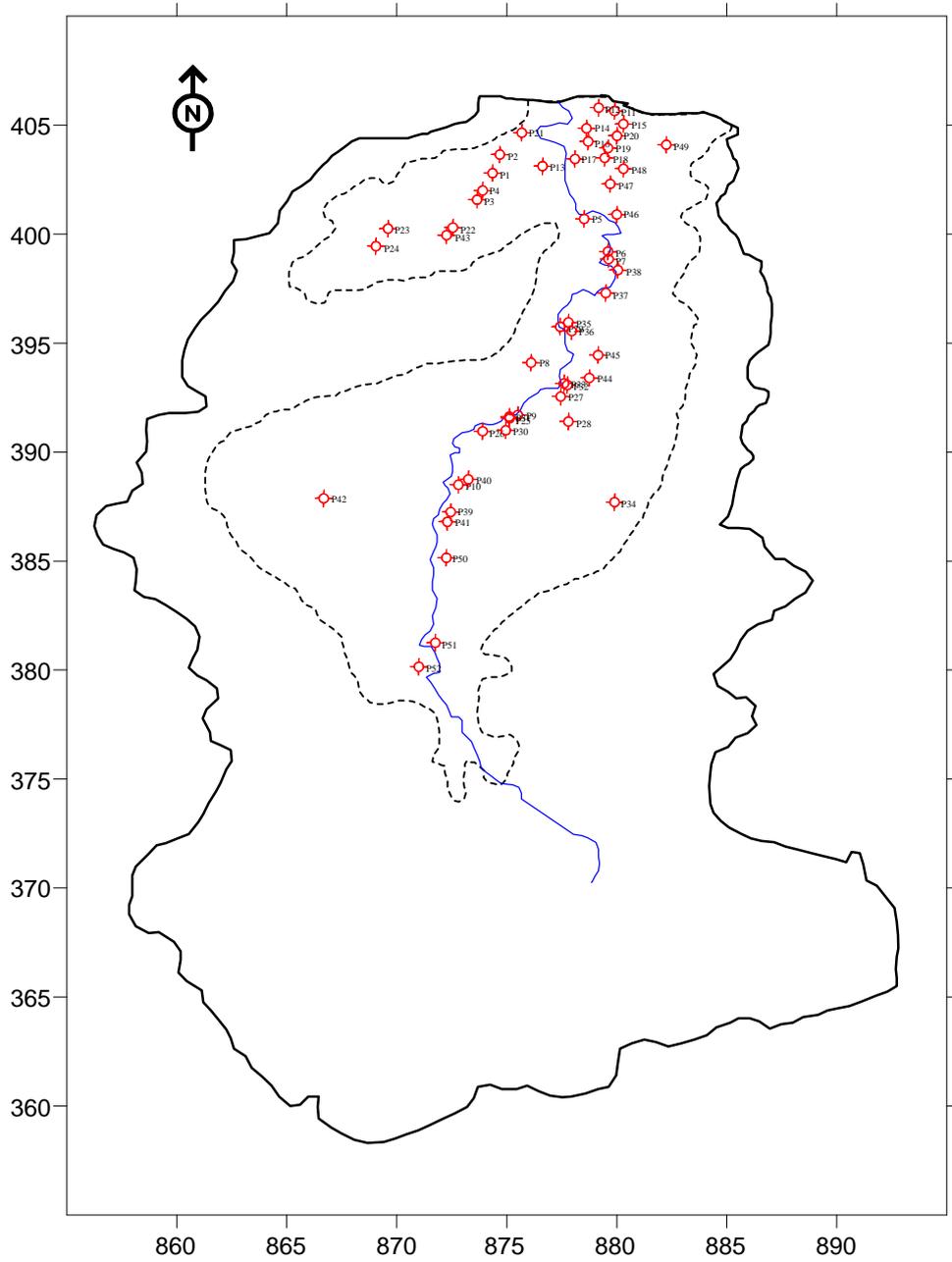
<sup>(1)</sup>: Selon la DHW 1989.

### **II.3. L'inventaire des points d'eau**

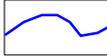
Les forages et les puits qui ont été recensés au niveau de la plaine alluviale du Saf-Saf, n'exploitent que les eaux de la nappe superficielle (peu profonde).

Les puits sont peu profonds, et ont été creusés dans les formations du Quaternaire, ils sont utilisés pour l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation des terres agricoles. La profondeur des puits n'excède pas les 20 m.

A partir des données recueillies de la DHW de Skikda et l' ANRH de Constantine, nous avons matérialisé l'ensemble des points d'eau (puits et forages) sur la carte d'inventaire (fig. 23).



**Légende**

-  Limites du bassin du Saf-Saf
-  Limites de la plaine du Saf-Saf
-  Oued Saf-Saf
-  Points d'eau

**Echelle**

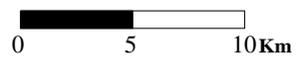


Figure.23. Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine alluviale du Saf-Saf (Mai 2005).

## **II.4. L'étude de la piézométrie de l'aquifère superficiel**

### **II.4.1. Les limites de l'aquifère superficiel**

La nappe du Quaternaire de la plaine alluviale de l'oued Saf-Saf, est constituée essentiellement des alluvions, des dunes anciennes et des grés numidiens, avec une puissance de 30 à 60 m. Cette nappe est bordée au Nord-Ouest par le massif de Aïn Zouit, Staïha jusqu' à Sidi Mezghiche, et au Nord-Est par les formations cristallophylliennes du socle kabyle; à l'Ouest et au Sud-Ouest, elle est limitée par la série des flyschs. A l'Est, la nappe alluviale est entourée par les flyschs de Bissy, les grés numidiens et la chaîne calcaire du Djebel El Ghédir; au Sud, par la chaîne calcaire des Kefs M'Souna et Sebergoud et enfin au Nord par la mer méditerranéenne.

### **II.4.2. La piézométrie**

Les mesures piézométriques réalisées au mois de Mai 2005 par la DHW de Skikda et l'ANRH de Constantine, nous ont permis de dresser la carte piézométrique (Fig.24) pour bien visualiser l'écoulement des eaux souterraines de la plaine du Saf-Saf. L'écoulement dans son ensemble se fait du Sud vers le Nord de la plaine, avec quelques particularités.

Des courbes piézométriques très serrés dans la partie Nord-Ouest, ceci traduit un gradient hydraulique fort, dû à la topographie. Les courbes isopièzes sont espacées au centre de la plaine (Sud-Est et Sud), avec un gradient hydraulique très faible indiquant un écoulement lent dû à la topographie plane de la région (pente faible ne dépasse pas les 3%). Les lignes de courant pour l'ensemble de la plaine sont dirigées vers l'oued Saf-Saf, ce qui nous laisse dire que la nappe alimente l'oued.

L'extrême Sud de la plaine est à exclave, où l'oued alimente la nappe. Ceci est expliqué peut être par l'élévation considérable de l'oued par rapport à la nappe.

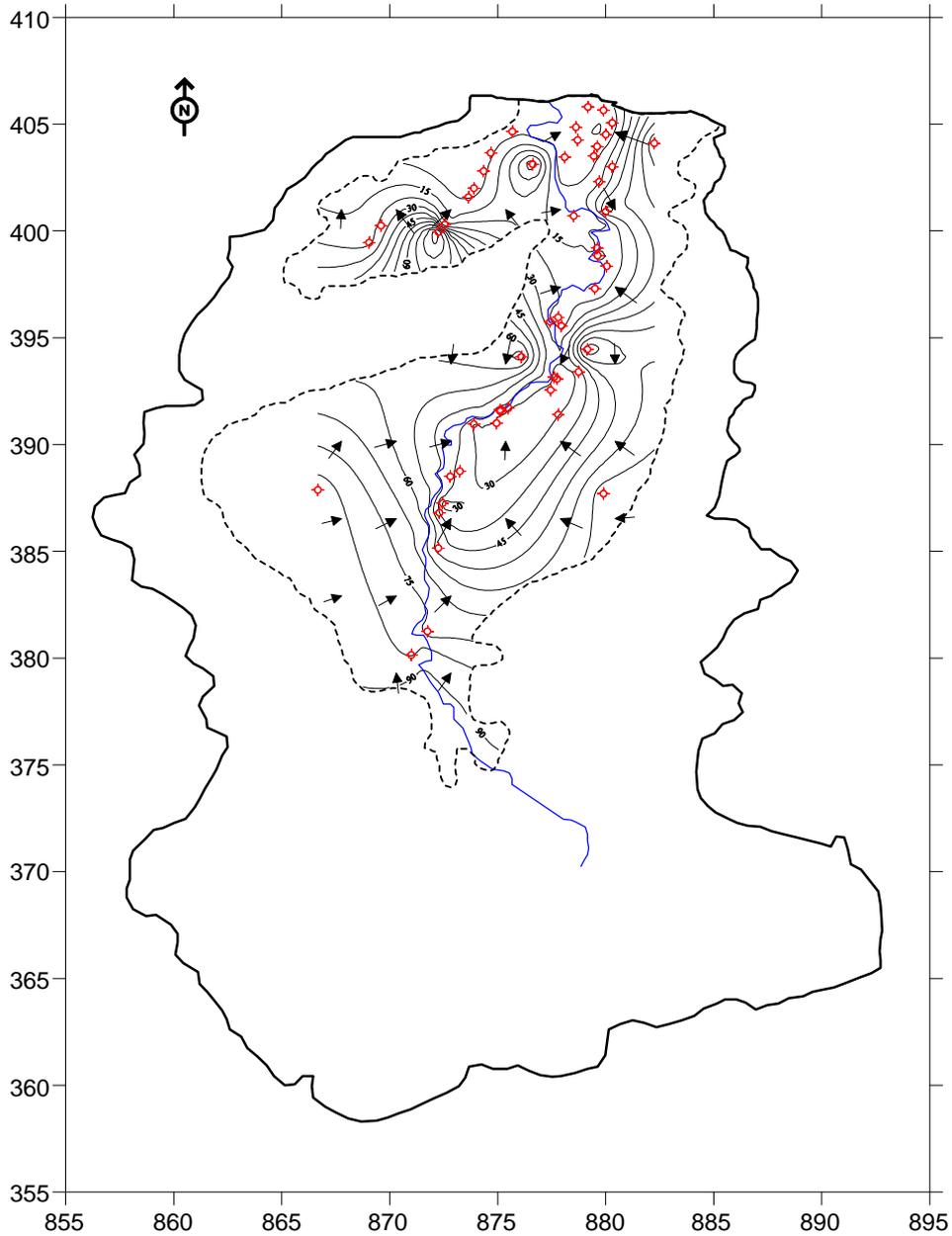
L'écoulement des eaux souterraines s'effectue donc des zones de recharge ou les aires d'alimentation, constituées par les reliefs (dômes piézométriques), vers les zones de décharge (drainage) qui sont occupées par l'oued Saf-Saf et ses affluents.

La carte piézométrique fait apparaître l'existence d'apports latéraux vers la plaine provenant des socles avoisinants (Djebel El Alia).

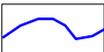
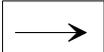
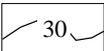
### **II.4.3. L'alimentation de l'aquifère superficiel**

L'alimentation de l'aquifère superficiel du Quaternaire est assurée par l'infiltration des précipitations efficaces; la nappe reçoit les eaux qui ruissellent sur les flancs internes des massifs qui limitent le bassin versant.

Une alimentation souterraine par les eaux de la nappe des grés numidiens, ainsi que par les eaux des calcaires des Kefs M'Souna, Sebergoud et Djebel El Ghédir est très probable. Ainsi qu'une alimentation à partir des bassins avoisinants n'est pas à exclure. (Bassin du Saf-Saf est de type Hyperplèthe, recevant des eaux souterraines des bassins voisins; de Guebli à l'Ouest et du Kébir ouest à l'Est).



**Légende**

-  Limites du bassin du Saf-Saf
-  Limites de la plaine du Saf-Saf
-  Oued Saf-Saf
-  Sens d'écoulement
-  Courbes isopièzes

**Echelle**

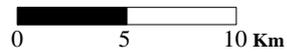


Figure.24. Carte piézométrique de la nappe alluviale du Saf-Saf (Mai 2005).

## Conclusion

L'étude hydrogéologique menée dans le bassin du Saf-Saf a pu nous montrer l'existence de trois types d'aquifères. Un aquifère superficiel poreux avec des formations du Quaternaire et du Tertiaire reposent sur les formations imperméables (argiles et roches métamorphiques). Le second est un aquifère karstique, constitué par des roches carbonatées. Le dernier est un aquifère à système binaire, constitué par la superposition des roches poreuses sur des roches compactes avec une intercommunication des deux réservoirs.

L'alimentation de ces horizons est assurée par l'infiltration des précipitations efficaces, ainsi qu'une alimentation souterraine à partir des bassins avoisinants.

L'allure générale de la carte piézométrique de la nappe superficielle montre un écoulement qui converge des bordures (aires d'alimentation) vers les zones de décharge (drainage) qui sont occupées par l'oued Saf-Saf au centre de la plaine, puis il prend une direction Sud-Nord témoignant une alimentation de l'oued par la nappe superficielle.

Concernant les paramètres hydrodynamiques, les valeurs de la transmissivité sont importantes (de l'ordre de  $1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ) au niveau des sous bassins d'El Harrouch, Salah Bouchaour et Ramdane Djamel. Par contre elles sont moyennes dans la plaine de Skikda ( $3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ), ceci s'explique par la nature des alluvions qui sont plus grossiers (galets et graviers) dans les premiers sous bassins cités, et une séquence plus fine (rares niveaux de galets) dans la plaine de Skikda.

# 2<sup>ème</sup> Partie :

## RESSOURCES EN EAU ET GESTION INTEGREE

*A l'issue du Sommet de la Terre de 1992, le chapitre 18 de l'agenda 21 a traduit la nécessité d'une gestion intégrée du sol, de l'eau et des écosystèmes à l'échelle du bassin versant, unité géographique reconnue comme la plus appropriée. La **Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)** est ainsi basée sur la perception de l'eau comme une partie intégrante des milieux aquatiques, une ressource naturelle et un bien social et économique dont la qualité et la quantité déterminent la nature de son utilisation. En d'autres termes, la GIRE prend en compte les différents éléments et aspects du cycle hydrologique dans un processus de gestion cohérent, contrairement aux approches de gestion sectorielle usitées, et ce, pour maximiser les bénéfices socio-économiques de manière équitable en préservant les écosystèmes et l'environnement. Ainsi, la ligne directrice de la GIRE est représentée par la politique de gestion adoptée sur le bassin versant, en fonction de ses propres enjeux.*

# CHAPITRE : IV

# DIAGNOSTIC QUANTITATIF ET QUALITATIF DES RESSOURCES EN EAU

---

## Introduction

Bien gérer la problématique de l'eau, implique une connaissance aussi parfaite que possible de la disponibilité de la ressource et de sa variabilité dans le temps et dans l'espace, et autant que faire ce peut proposer des scénarios prospectifs pour l'analyse du risque et la gestion des crises, dans un avenir où les effets anthropiques sont mal maîtrisés. Le bassin du Saf-Saf ne fait pas exception, les ressources hydriques dont on dispose sont plus ou moins limitées, cette limitation est d'abord naturelle, mais elle est accentuée par les besoins toujours croissants du développement démographique et socio-économique, par le gaspillage, ainsi par les différents types de pollutions menaçant le bassin.

Cette situation, paraît angoissante, nécessite une planification basée sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le bassin, pour faire face à toute situation de crise probable.

## I. Le Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

### I.1. Les potentialités hydriques dans le bassin du Saf-Saf

Avec une pluviométrie moyenne annuelle de 660 mm sur l'ensemble du bassin, traduisant un apport total globalement très important de l'ordre de 765 Hm<sup>3</sup>/an. Ce potentiel hydrique considérable, est malheureusement, se trouve confronté à d'importants problèmes de gestion de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant le volume de mobilisation à près de 50 Hm<sup>3</sup>/an dans le bassin.

### **I.1.1. Le potentiel hydrique superficiel**

#### **a. Les oueds**

Les ressources en eau de surface proviennent en quasi-totalité de l'oued Saf-Saf et ses principaux affluents, qui sont alimentés principalement par les eaux pluviales.

Dans le sous bassin de Zardézas, les oueds Bou Adjeb et Khémakhem fournissent un apport moyen annuel de l'ordre de 30,32 Hm<sup>3</sup>.

Sur l'ensemble du bassin, les apports en eau de surface de l'oued Saf-Saf et ses affluents traduisent un volume approximatif extrapolé de l'ordre de 110 Hm<sup>3</sup>/an, qui reste très peu exploité vu le volume total mobilisé par les différents ouvrages hydrauliques dans le bassin.

#### **b. Les barrages**

La wilaya de Skikda dispose de quatre grands barrages en exploitation. Seul le barrage de Zardézas qui appartient au bassin du Saf-Saf. Ce barrage est construit entre 1929 et 1945, et surélevé en 1974. Il est destiné à l'alimentation en eau potable des communes de Zardézas, Aïn Bouziane, El Harrouch, Salah Bouchaour et Emjez Edd Chich, ainsi que la ville de Skikda et sa zone industrielle par l'adduction sur la station de pompage de Guénitra.

La capacité de stockage de cette infrastructure hydraulique est de 32 Hm<sup>3</sup> en théorie, tan disque l'envasement de ce dernier ne permet finalement que de régulariser 18,112 Hm<sup>3</sup>.

Outre, il existe deux barrages en projet au sein du bassin du Saf-Saf. Le barrage de l'oued Charchar dans la commune de Bouchtata, doté d'un double objectif, il est destiné à servir comme un moyen de protection de la ville de Skikda exclusivement contre les inondations, et par la même occasion alimenter en eau potable la commune de Bouchtata et ses environs, sans oublier l'irrigation de la plaine d'El Hadaeïk. Avec le choix de son emplacement immédiat, ce barrage, dont la capacité est de 11,5 Hm<sup>3</sup>, peut rendre d'énormes services au bassin.

Le second barrage est celui de Ramdane Djamel dans la commune de Zardézas. Il est actuellement en phase d'étude au niveau de l'Agence Nationale des Barrages et de Transfert (ANBT). Cet ouvrage est prévu au confluent des deux oueds, Bou Adjeb et Khémakhem d'une capacité de 12,5 Hm<sup>3</sup>. Il aura pour rôle de servir comme un barrage écrêteur en amont du barrage de Zardézas et de pallier au manque d'eau dans la partie amont du bassin.

#### **c. Les retenues collinaires**

Les retenues collinaires dans le bassin du Saf-Saf sont essentiellement destinées à l'irrigation des moyens et des petits périmètres et l'abreuvement du cheptel. Elles sont au nombre de 18 (ABH 2000), mobilisant un volume global de 2,54 Hm<sup>3</sup>/an d'eau de surface.

Actuellement, sur l'ensemble de 18 retenues, il ne reste que treize (13) en bon état, avec des capacités qui peuvent atteindre les 400 000 m<sup>3</sup>/an (retenue de Bougraïna et Bouchtata).

Ainsi, avec la détérioration des autres, on assiste à une réduction considérable de l'apport en eau de surface.

Outre, il y a un volume de 100 000 m<sup>3</sup>/an est régularisé par les différents types de réservoirs et de châteaux d'eau installés dans le bassin du Saf-Saf.

Tableau. 20. Les différentes retenues collinaires dans le bassin versant du Saf-saf

Commune	Nombre de retenues	Capacité totale (m <sup>3</sup> )
Ramdane Djamel	3	370 000
Emjez Edd Chich	6	510 000
El Harrouch	2	460 000
Aïn Bouziane	2	100 000
Sidi Mezghich	2	360 000
El Hadaeïk	1	220 000
Bouchtata	1	400 000
El Ghédir	1	120 000
Total dans le bassin	18	2 540 000

Source. ABH csm 2005

#### d. Le dessalement de l'eau de mer

Une station de dessalement de l'eau de mer que possède le bassin du Saf-Saf, d'une capacité de production de 10 000 m<sup>3</sup>/j (3,65 Hm<sup>3</sup>/an). Actuellement, elle produit une moyenne de 3000 à 4000 m<sup>3</sup>/j, assurant les besoins en eau potable de la ville de Skikda et Ben M'hidi (1,46 Hm<sup>3</sup>/an).

Deux autres stations sont en projet, la première d'une capacité de production de 100 000 m<sup>3</sup>/j (36,5 Hm<sup>3</sup>/an) assurant les besoins totaux de la ville de Skikda et ses environs (70 000 m<sup>3</sup>/j) et l'excédent d'eau sera destiné pour l'irrigation. La deuxième station est située au voisinage du bassin, dans la région de Filfila, d'une capacité de production de 50 000 m<sup>3</sup>/j (18,25 Hm<sup>3</sup>/an). Dans les années avenir, avec la mise en service des ces deux stations de dessalement, le volume produit sera presque 58,4 Hm<sup>3</sup>/an, satisfaisant ainsi tous les besoins en eau dans le bassin du Saf-Saf.

#### I.1.2. Le potentiel hydrique souterrain

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique du bassin, elles représentent près de 61 % de son potentiel hydrique reconnu.

Les réserves souterraines constituées par les différentes nappes existantes dans le bassin du Saf-Saf sont alimentées par les précipitations efficaces, ainsi qu'une alimentation souterraine à partir des bassins avoisinants.

Les investigations réalisées dans le bassin permettent d'estimer son potentiel en eaux souterraines à près de 30,45 Hm<sup>3</sup>/an (DHW Skikda 2006), dont la nappe alluviale du Saf-Saf et Zeramna représente elle seule 24,12 Hm<sup>3</sup>/an (Ben Rabah 2006), soit 80 % de la totalité du potentiel hydrique souterrain du bassin.

### a. Les forages

La majorité du potentiel hydrique souterrain du bassin est exploité par pompage, à partir d'une batterie de forages implantée dans les alluvions de la plaine du Saf-Saf.

D'après le bilan actuel de la DHW de Skikda, on a dénombré près de 61 forages répartis à travers le bassin, dont 18 forages sont abandonnés pour des raisons de colmatage ou du rendement très faible.

Les autres forages en service mobilisent annuellement un volume de 14,53 Hm<sup>3</sup>, ils sont destinés essentiellement à l'alimentation en eau potable et aussi pour l'industrie (besoins de la zone industrielle).

### b. Les puits

A travers la superficie du bassin du Saf-Saf, il existe un nombre considérable de puits qui captent les eaux de la nappe superficielle, dont le rôle est limité uniquement à satisfaire les besoins domestiques (AEP) et l'irrigation de quelques surfaces agricoles. Les débits d'exploitation sont peu significatifs.

### c. Les sources

En excluant sa partie amont, le bassin du Saf-Saf possède près de 33 sources, dont la plupart sont captées, assurant l'alimentation en eau potable des mêmes communes où elles se trouvent, avec des débits qui dépassent parfois les 10 l/s (Ben Rabah 2006)

Dans le sous bassin de Zardézas (amont), et dans le cadre du projet pilote de développement de l'agriculture de montagne, financé par le FIDA<sup>(1)</sup>, une étude établie par le BNEDER<sup>(2)</sup> en mois d'Octobre 2005, qui porte sur l'inventaire et l'évaluation des ressources en eaux, permet de déceler la présence de près de 102 puits domestiques, et 316 sources d'un débit varie de (0,1 à 1 l/s). La majorité des sources inventoriées sont mal captées ou partiellement aménagées. Certaines d'entre elles ayant un débit intéressant (> 2 l/s)

## I.2. La mobilisation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

Globalement, les ressources en eau mobilisées dans le bassin du Saf-Saf sont évaluées à près de 34,99 Hm<sup>3</sup> par an, soit 74 % des ressources en eau mobilisables.

Les eaux de surface, dont le volume mobilisable est estimé à 30,25 Hm<sup>3</sup> par an, sont mobilisées à hauteur de 95 %. Cependant, le volume mobilisable pour les eaux souterraines est de l'ordre de 17,29 Hm<sup>3</sup> par an, mais seulement un taux de 37 % qui est réellement mobilisé.

Tableau.21. Potentiel hydrique global dans le bassin du Saf-Saf

Ressources en eau	Potentiel Reconnu (Hm <sup>3</sup> /an)	R <sup>ces</sup> Mobilisables (Hm <sup>3</sup> /an)	R <sup>ces</sup> Mobilisées (Hm <sup>3</sup> /an)
Superficielles	25,89	30,25	28,64
Souterraines	30,47	17,29	6,35
Totales	56,36	47,54	34,99

Source. DHW Skikda.2006

(1) : FIDA : Fond International pour le Développement Agricole.

(2) : BNEDER : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural

En vue de visualiser la répartition des ressources en eau à travers le bassin du Saf-Saf, on a jugé utile de diviser ce dernier en trois parties distinctes; l'amont, le centre et l'aval.

Dont, l'amont englobe les communes de Zardézas, Ouled Hebaba, Es Sebt, et Aïn Bouziane. Les communes qui appartiennent au centre du bassin sont: El Harrouch, Salah Bouchaour, Emjez Edd Chich, El Ghédir, Sidi Mezghich et Ramdane Djamel. L'aval contient les communes de Skikda, Hamadi Krouma, El Hadaeïk, Bouchetata et Beni Bachir.

La répartition des ressources en eau dans les trois parties du bassin du Saf-Saf est représenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau.22. Répartition des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

R <sup>ces</sup> en eau	Potentiel reconnu (Hm <sup>3</sup> /an)			R <sup>ces</sup> Mobilisables (Hm <sup>3</sup> /an)			R <sup>ces</sup> Mobilisées (Hm <sup>3</sup> /an)		
	Total	Superficiel	Souterrain	Total	Superficiel	Souterrain	Total	Superficiel	Souterrain
Amont	20,06	18,19	1,87	1,46	0,40	1,05	0,96	0,40	0,56
Centre	17,27	6,32	10,95	15,86	6,25	9,62	10,42	6,25	4,17
Aval	19,03	1,38	17,65	30,23	23,61	6,62	23,61	21,99	1,62
Total Bassin	56,36	25,89	30,47	47,54	30,25	17,29	34,99	28,64	6,35

Le potentiel hydrique est inégalement réparti dans le bassin, le volume le plus important (20,06 Hm<sup>3</sup>) se trouve en amont du bassin avec un taux de 36 %. L'aval totalise un volume de 19,03 Hm<sup>3</sup>, soit 34 % du potentiel hydrique dans le bassin. La partie centrale du bassin ne contient que 30 % de la totalité des ressources reconnues.

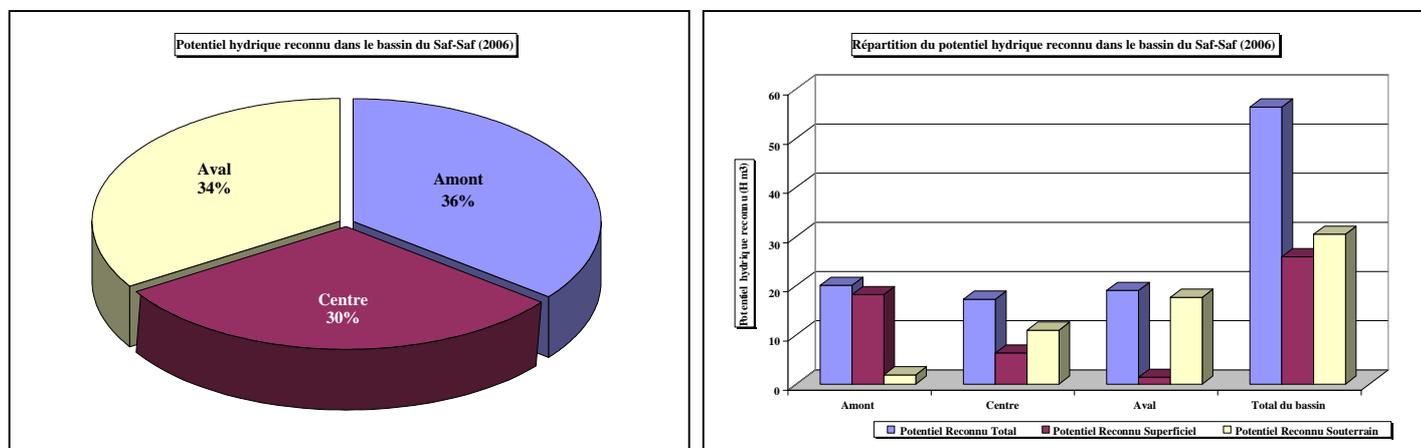


Figure.25. Répartition du potentiel hydrique dans le bassin du Saf-Saf.

En matière de mobilisation, le volume total mobilisé (exploité) est de l'ordre de 34,99 Hm<sup>3</sup> (pour l'année 2006), soit 74 % de la ressource totale mobilisable. Dont le volume exploité le plus important (23,61 Hm<sup>3</sup>) est concentré en aval du bassin, avec un taux de 67 %, en raison de la concentration démographique dans le chef lieu de Skikda et l'intensité des activités industrielles (zone industrielle pétrochimique).

Le centre du bassin, avec ses besoins domestiques et agricoles (périmètre irrigué du Saf-Saf), exploite près de 30 % des ressources mobilisées, soit un volume de 10,42 Hm<sup>3</sup>.

L'amont du bassin est dépourvu de toute activité industrielle ou agricole, ses ressources en eau mobilisées sont peu significatives, elles représentent 3 % de la totalité des ressources mobilisées.

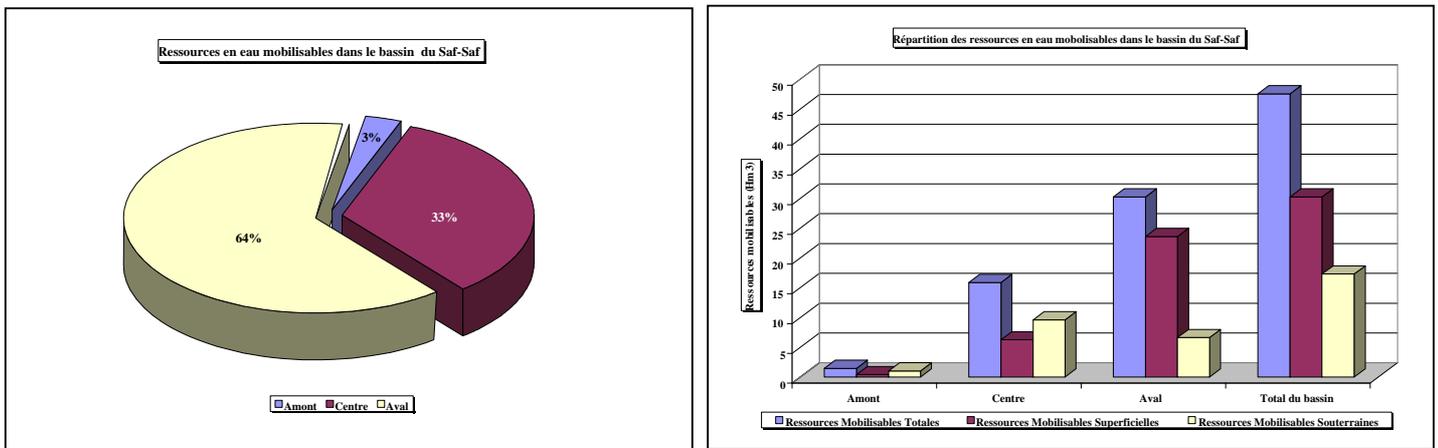


Figure.26. Répartition des ressources mobilisables dans le bassin du Saf-Saf.

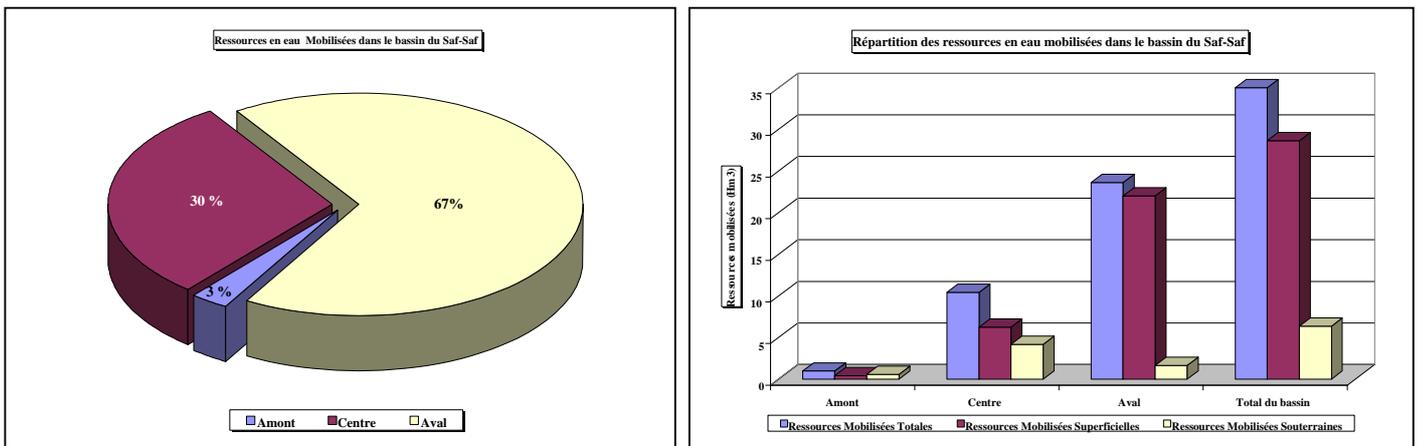


Figure.27. Répartition des ressources mobilisées dans le bassin du Saf-Saf.

### I.2.1. La mobilisation des eaux de surface

Les ressources en eau de surface mobilisables dans le bassin du Saf-Saf sont estimées à près de  $30,25 \text{ Hm}^3$  par an, mais seulement un volume de  $28,64 \text{ Hm}^3$  qui est mobilisé par les différents infrastructures mis en place, traduisant un taux de 95 % de la totalité des ressources mobilisables.

Malgré sa pauvreté en ressources en eau superficielles, l'aval du bassin mobilise un volume de  $21,94 \text{ Hm}^3$  d'eau de surface, en bénéficiant des apports provenant des bassins avoisinants; le barrage de Guénitra (bassin du Guebli), alimente le bassin du Saf-Saf avec un volume annuel de  $12,04 \text{ Hm}^3$ , destiné essentiellement à l'approvisionnement en eau potable de la ville de Skikda et ses environs. Outre, le barrage de Zit Emba (bassin Kébir Ouest), participe avec un volume de  $9,49 \text{ Hm}^3$  par an pour la satisfaction des besoins en eau potable de la ville de Skikda, ainsi que sa zone industrielle.

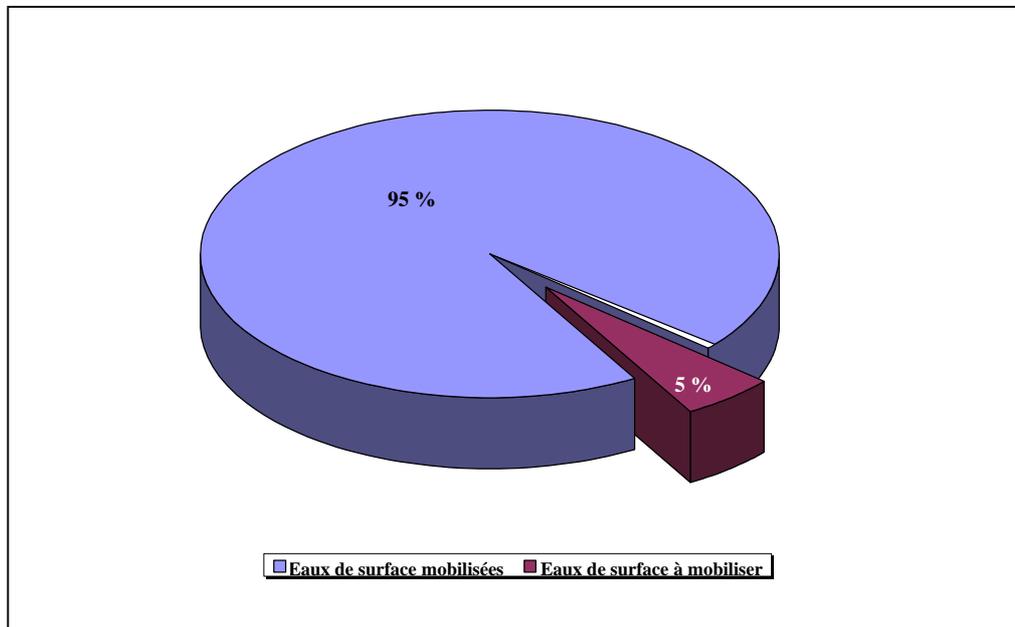


Figure.28. Taux de mobilisation des ressources en eau de surface dans le bassin du Saf-Saf.

### I.2.2. La mobilisation des eaux souterraines

Contrairement aux eaux de surface, en matière de mobilisation, les eaux souterraines sont restées plus ou moins limitées, le volume mobilisable est estimé à  $17,29 \text{ Hm}^3$  par an, mais seulement  $6,35 \text{ Hm}^3$  sont exploitées, soit un taux de 37 % des eaux souterraines mobilisables.

Près de 63 % des ressources souterraines restent encore à mobiliser, par l'implantation des forages et la réhabilitation de ceux qui sont en mauvais état.

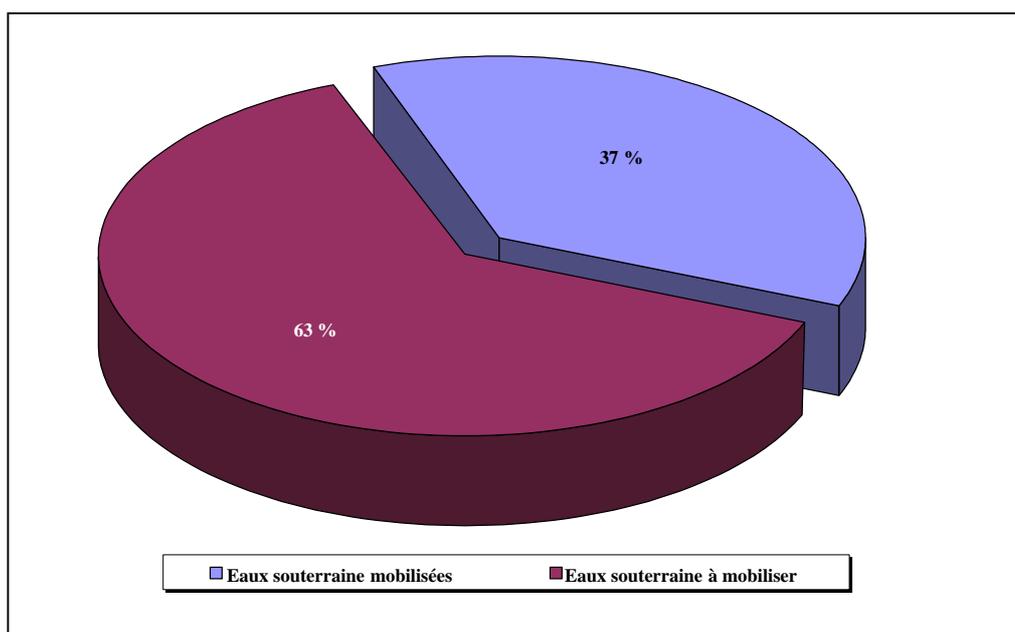


Figure.29. Taux de mobilisation des ressources en eaux souterraines dans le bassin du Saf-Saf.

### I.3. L'affectation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

Concernant l'affectation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins domestiques (alimentation en eau potable), avec un volume de 25,29 Hm<sup>3</sup> par an, soit un taux de 44 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins des populations qui ne cessent à croître.

L'irrigation tient une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans le bassin, un volume de 23,46 Hm<sup>3</sup>, soit 42 % de la totalité des ressources mobilisées, sont destinés aux usages agricoles.

Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à 7,77 Hm<sup>3</sup> par an, soit 14 % des ressources mobilisées.

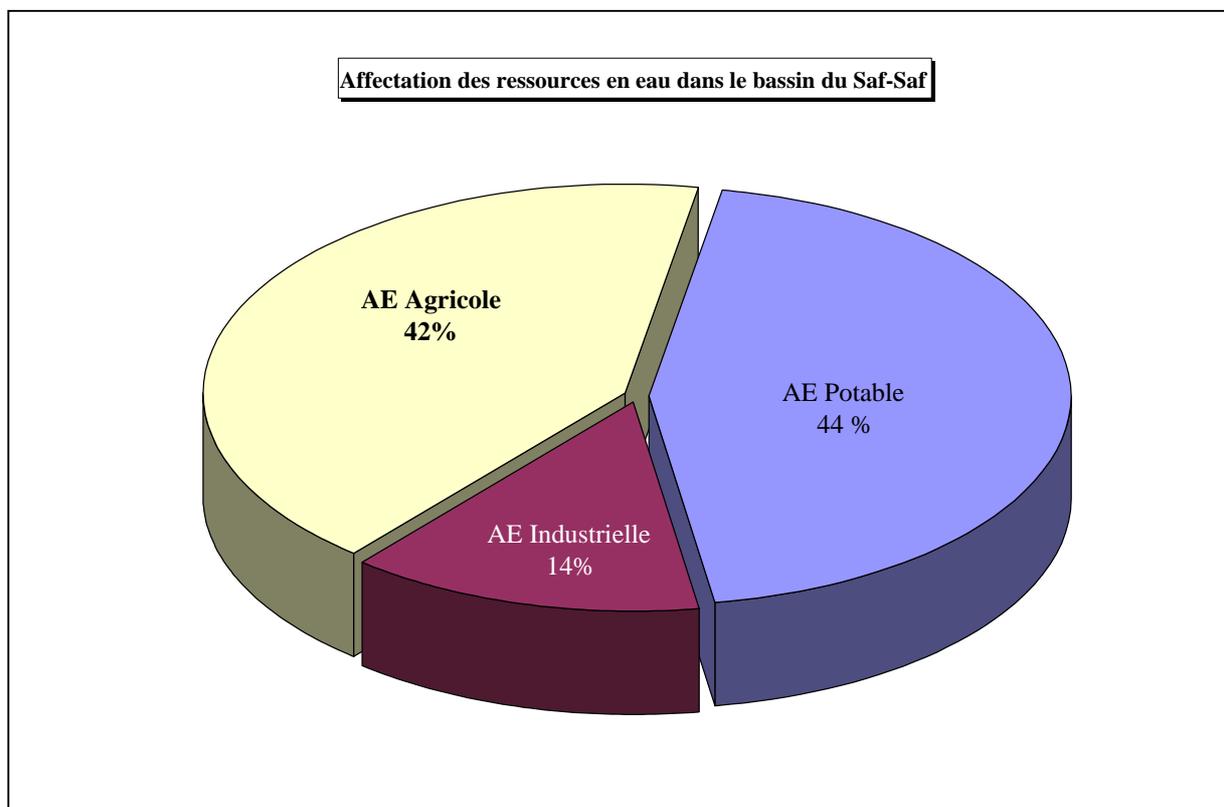


Figure.30. Affectation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

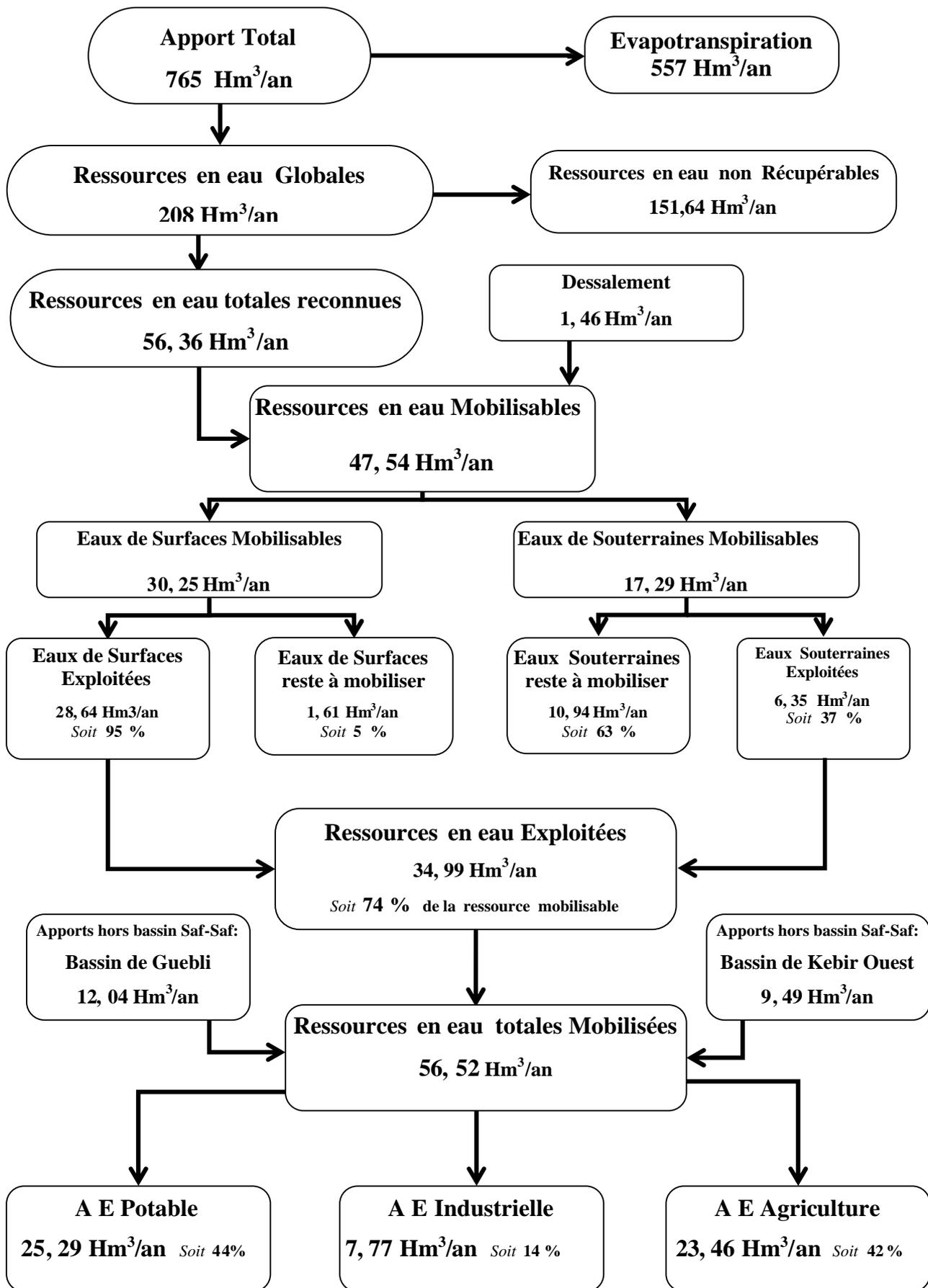


Figure.31. Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans le bassin du Saf-Saf. (2006)

## II. Le Diagnostic qualitatif des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

Malgré l'importance indéniable des aspects quantitatifs, les questions de qualité de l'eau sont au cœur des enjeux futurs. Il est primordial de souligner que le domaine de la préservation de l'écosystème et la protection des ressources en eau contre les différents types de pollutions, en tant que composante du système de la gestion intégrée des ressources en eau, présente un défi majeur pour les prochaines années, et un domaine promoteur de la protection de l'environnement; il devrait en effet être intégrée à tous les secteurs d'activité susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement.

En plus de la pression exercée par les différents usagers, les ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf se trouvent menacées dans leur qualité, sous l'effet des pollutions qu'elles subissent, principalement des pratiques industrielles et agricoles intensives. Ainsi que celles de l'individu dans son habitat (pollution domestique). Il s'agit donc d'un problème à grande échelle, dont l'extension est constante.

### II.1. Le Chimisme et la qualité des eaux dans le bassin du Saf-Saf

#### II.1.1. La qualité des eaux de surface dans le bassin du Saf-Saf

Les cours d'eau jouent le rôle de récepteurs et de transport des différents rejets urbains, industriels et agricoles. La charge de pollution est plus ou moins importante quand le phénomène d'auto-épuration ne suffit plus.

L'oued Saf-Saf représente le principal cours d'eau dans le bassin, la qualité de ses eaux varie de l'amont vers l'aval. Un suivi de quelques éléments chimiques, a permis de visualiser une altération et une dégradation spatiale de la qualité des eaux de l'oued, avec une augmentation des concentrations des éléments chimiques de l'amont vers l'aval.

La qualité des eaux de l'oued Saf-Saf dans sa partie amont est considérée bonne. D'après les analyses effectuées en Mai 2005, la demande chimique en oxygène (DCO) est de l'ordre de 30 mg/l. De même, les teneurs de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) ne dépassent pas les 5 mg/l, ce qui confirme la bonne qualité de ces eaux. La présence des fortes concentrations des bicarbonates de calcium et de sodium est due aux calcaires et calcaires argileux qui forment la partie amont du bassin du Saf-Saf (station de Khémakhem).

Tableau.23. Variation spatiale de quelques éléments chimiques dans les eaux de l'oued Saf-Saf (Mai 2005)

Éléments (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	MES	DBO <sub>5</sub>	DCO
<b>Amont</b>	690	61,17	27,75	41,5	52,5	149,33	158,67	60	5,05	30,96
<b>Aval</b>	1090	276,9	155,48	35,8	106,6	56,64	372,1	153	93	139

En aval, l'oued Saf-Saf connaît une dégradation dans la qualité de ses eaux, à cause des rejets domestiques des agglomérations d'El Harrouch, Salah Bouchaour, Ramdane Djamel, Beni Bachir et une partie des rejets de la ville de Skikda par le biais de l'oued Zeramna, qui déverse dans le Saf-Saf.

Selon les prélèvements effectués en 2005, la demande chimique en oxygène (DCO) est de l'ordre de 139 mg/l, ce qui confirme le degré de pollution de cet oued (eaux sombres, odeurs nauséabondes) à cause des fortes teneurs en matières organiques.

Ainsi, il reçoit les rejets de l'abattoir de Hamadi Krouma, dont l'analyse révèle une demande biologique en oxygène ( $DBO_5$ ) de l'ordre de 93 mg/l, ceci provoque la diminution de la teneur en oxygène.

Plus en aval, sur le tronçon de la zone industrielle, l'oued Saf-Saf reçoit les rejets des unités de la plate forme pétrochimique de Skikda et de la centrale thermique électrique (CTE) sans aucun traitement préalable. D'après un rapport du service de l'environnement de Skikda (1999), le complexe des matières plastiques (CP1/K) rejette des produits toxiques tels que le mercure, les cyanures, les phénols et l'hypochlorite de sodium. Ces produits sont dangereux pour l'homme et la vie biologique.

On voit donc que la qualité des eaux de l'oued Saf-Saf dans sa partie aval est passée de bonne à mauvaise, parfois très mauvaise en période sèche.

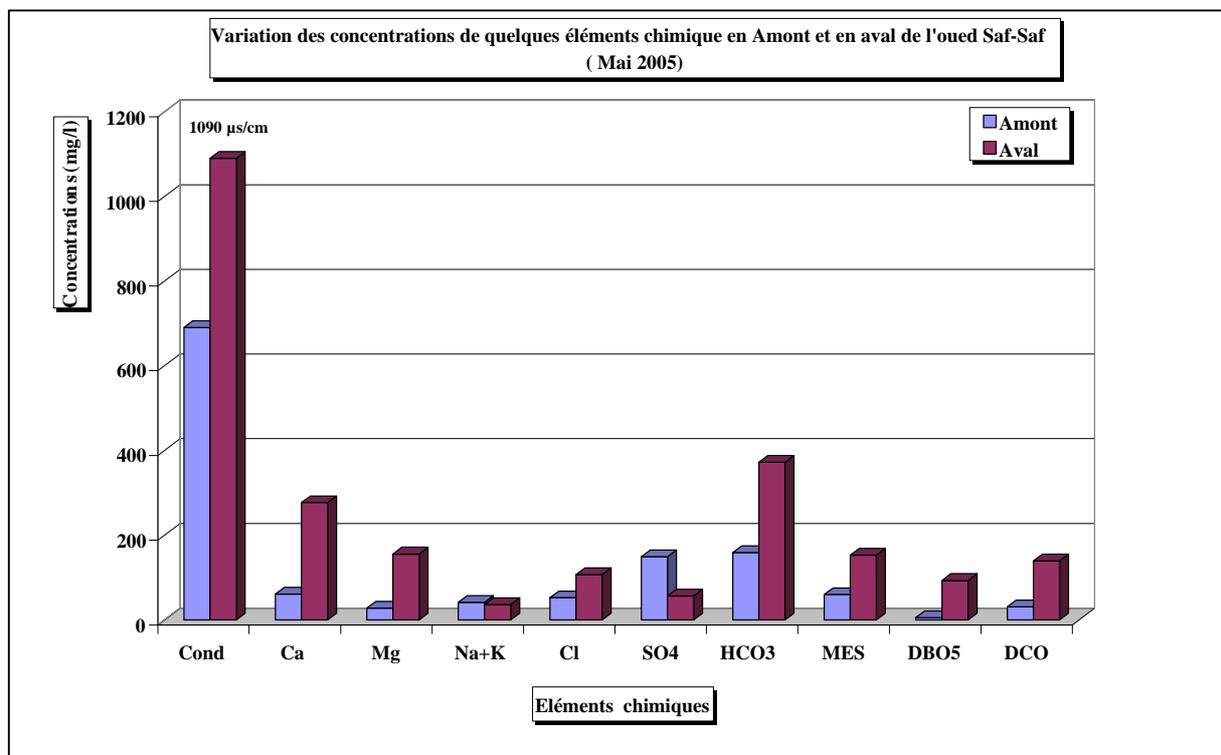


Figure.32. Variation des concentrations de quelques éléments chimique en Amont et en aval de l'oued Saf-Saf (Mai 2005).

Pour avoir une idée sur la variation temporelle de la qualité des eaux de surface, on a jugé utile d'étudier l'évolution dans le temps de quelques éléments chimiques indicateurs de l'altération des eaux du barrage de Zardézas.

Les profils des variations interannuelles moyennes des matières organiques et oxydables (oxygène dissous et demandes chimique en oxygène) montre en général une stabilité de ces éléments le long de la période de suivi (2000-2006).

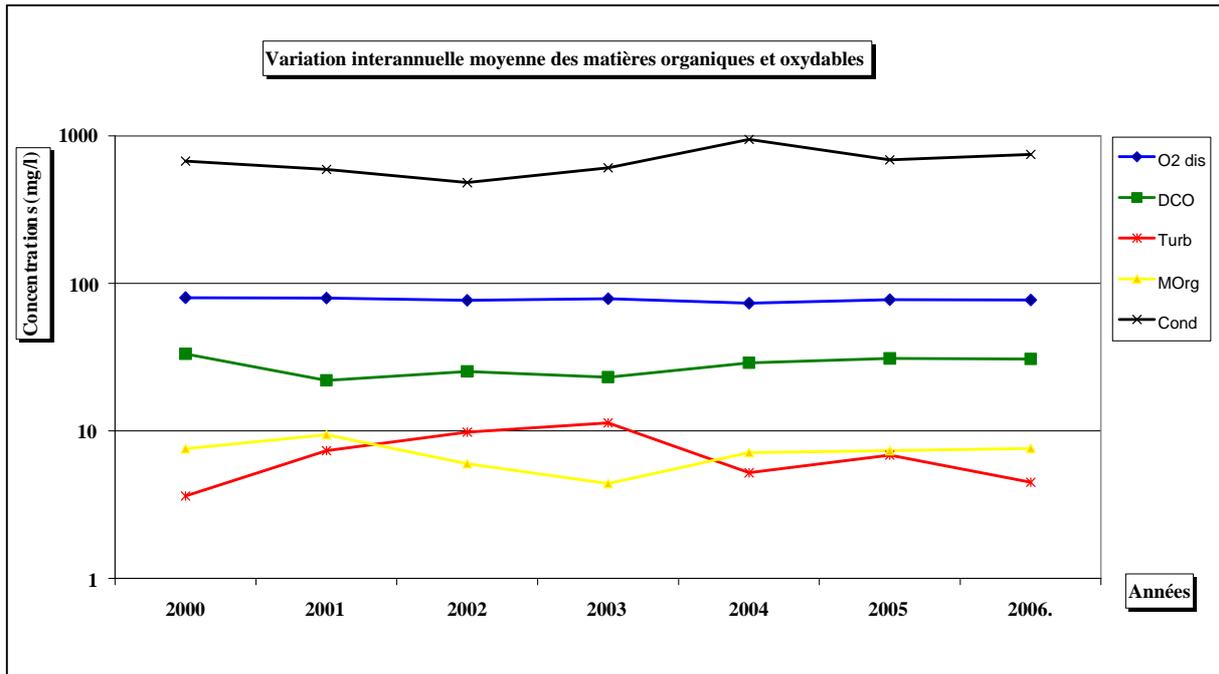


Figure.33. Variation interannuelle des matières organiques et oxydables et quelques paramètres dans le barrage de Zardézas (2000-2006).

Cependant, les concentrations en nutriments (Azotes et Phosphores) montrent une augmentation progressive, mais ne révèlent pas des problèmes d'eutrophisation.

Les différents types d'azotes mesurés dans les eaux du barrage de Zardézas sont essentiellement l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). On observe une augmentation des Nitrites et d'Ammonium jusqu'à ce qu'ils atteignent leur maximum en 2004, puis ils s'abaissent progressivement.

Un excès de phosphore peut nuire gravement à la santé des écosystèmes en générant la prolifération végétale, qui déséquilibre les populations des plantes aquatiques et peut provoquer des phénomènes d'eutrophisation. Les eaux du barrage de Zardézas sont de bonne qualité vis-à-vis des phosphates, où on observe une diminution des concentrations d'une valeur de 32 mg/l observée en l'an 2000, jusqu'à la valeur de 0,08 mg/l en 2006. Cependant, la valeur pointe a été observée en 2003 avec une concentration de 38,4 mg/l, témoignant une pollution excessive.

## Conclusion

Dans l'ensemble, la variation spatio-temporelle de la qualité des eaux de surface montre une altération et une dégradation de la qualité des eaux de l'amont vers l'aval du bassin, engendrées par les différents types de pollutions menaçant le bassin. L'évolution dans le temps des concentrations des éléments chimiques confirme la dégradation continue des eaux de surface dans le bassin du Saf-Saf.

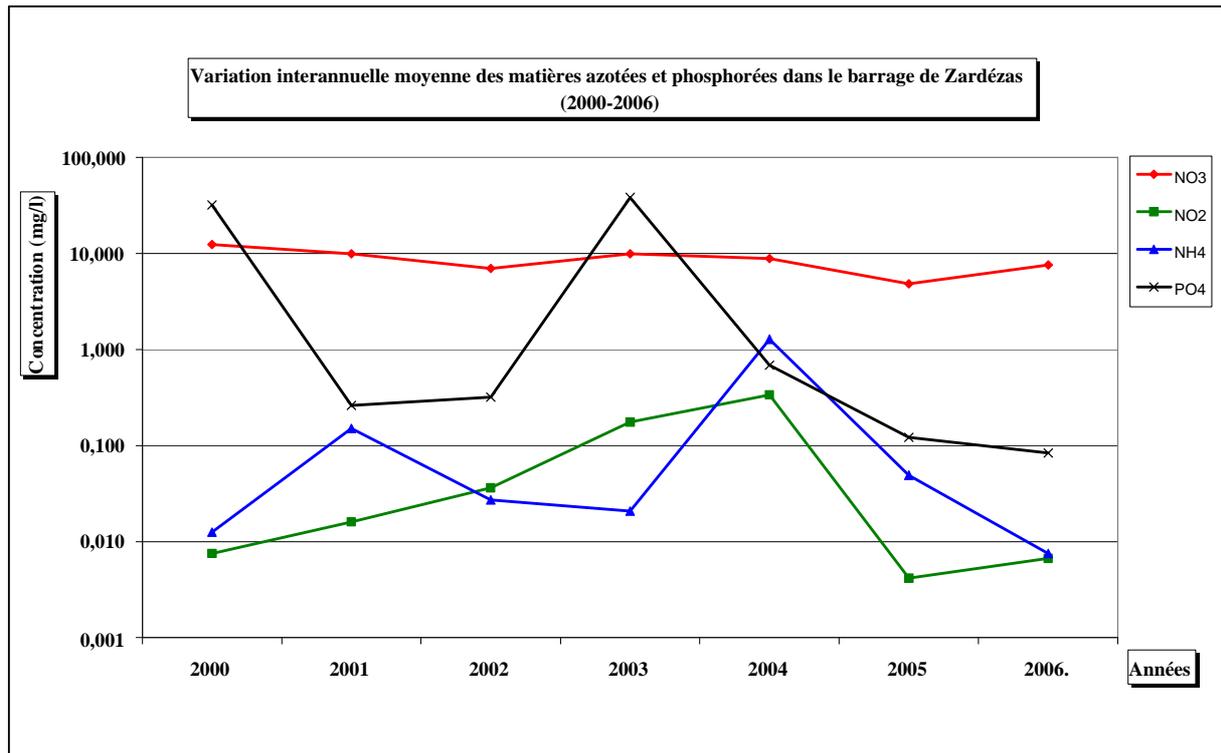


Figure.34. Variation interannuelle des matières azotées et phosphorées dans le barrage de Zardézas (2000-2006).

### II.1.2. La qualité des eaux souterraines dans le bassin du Saf-Saf

Les systèmes aquifères, notamment ceux à nappes libres, subissent des atteintes graves dans leur qualité. Le phénomène est d'autant plus alarmant pour les systèmes aquifères situés à proximité des centres urbains et vers lesquels affluent naturellement les rejets de ces derniers.

Dans le bassin du Saf-Saf, les eaux souterraines ont une composition chimique étroitement liée aux terrains qui les contiennent (variation spatiale entre amont et aval).

Afin de déterminer l'origine des eaux souterraines de l'amont du bassin, une étude très récente (BNEDER<sup>(1)</sup>, Octobre 2005), a été effectuée sur quelques points d'eau (15 sources et 5 puits) répartis à travers la partie amont du bassin.

Ces analyses permettent d'examiner les conditions physico-chimiques et géologiques auxquelles ces eaux sont liées.

<sup>(1)</sup> : BNEDER: Bureau National d'Etude pour le Développement Rural

Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysées sont globalement sulfatées calciques.

Les eaux sulfatées calciques ou chlorurées calciques (P3, P4, S3, S5, et S8) sont issues, en général, des formations marneuses, argileuses et gréseuses. Cependant, les eaux bicarbonatées calciques (P2, S6, S7, S9) sont issues des roches calcaires.

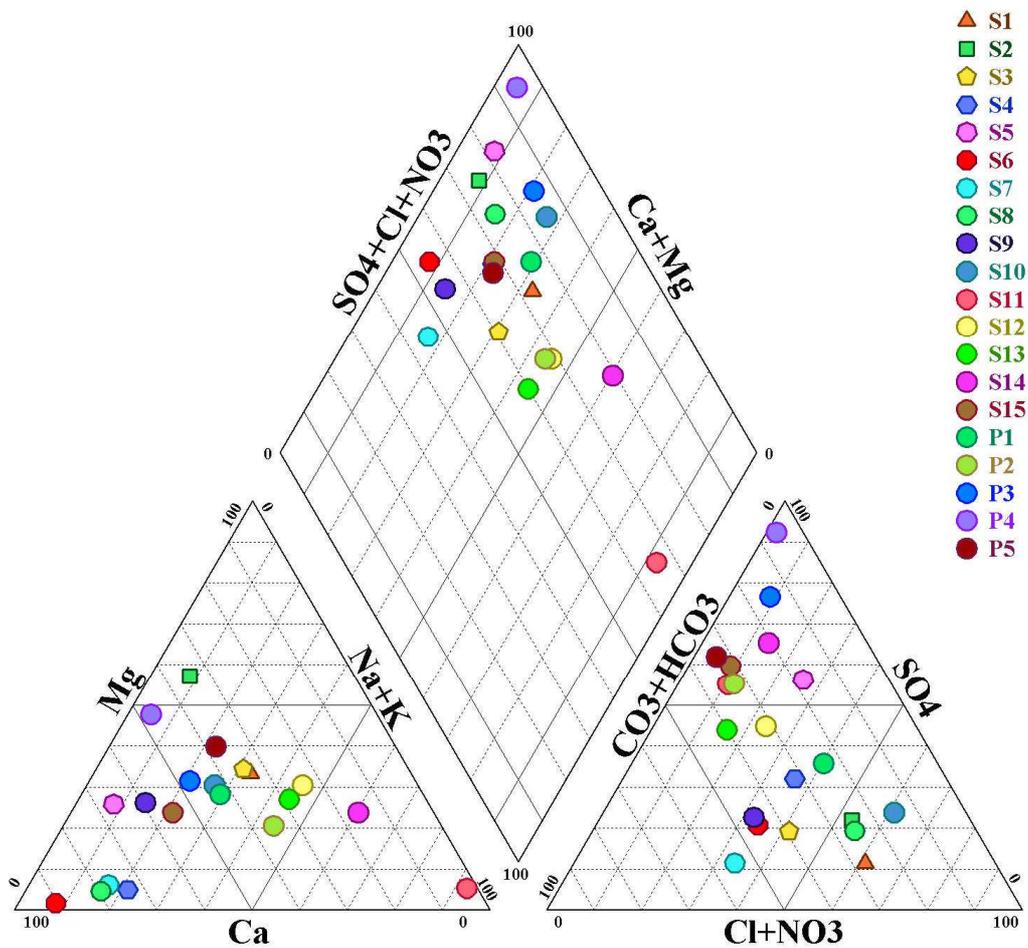


Figure.35. Diagramme de Piper pour les eaux souterraines de la partie amont du bassin du Saf-Saf (Octobre 2005).

Pour les eaux souterraines de l'aval du bassin, une campagne d'analyses a été effectuée en mois de Mai 2005, sur 14 points d'eau répartis à travers la plaine alluviale du Saf-Saf. Ces analyses ont identifié un faciès chimique chloruré sodique à chloruré magnésien.

Le calcium qui provient essentiellement de l'attaque et du lessivage des formations Carbonatées, a des concentrations qui s'échelonnent de 25 à 340 mg/l.

Les concentrations de l'ion de magnésium sont moins importantes que celles du calcium. Ces valeurs oscillent entre 10 et 280 mg/l, ils proviennent du lessivage des calcaires dolomitiques et des formations argileuses.

La majorité des eaux de la plaine ont des teneurs élevées en sodium (165 à 530 mg/l), qui peut être dû, d'une part, à la lithologie des terrains (les argiles et les roches métamorphiques), et d'autre part, à l'influence marine (aquifère côtier).

Les teneurs en chlorures sont plus ou moins importantes, oscillant entre 110 et 350 mg/l, ils peuvent provenir des alluvions salifères, des rejets des eaux usées industrielles et domestiques, ainsi que l'invasion marine.

Les sulfates sont plus importants dans la partie Nord de la plaine (FP1 et FP2), ce qui peut s'expliquer par les rejets de l'acide sulfurique ( $H_2S$ ) par les hydrocarbures de la zone industrielle, le lessivage des terres agricoles (engrais chimiques), et ils peuvent également provenir naturellement des alluvions.

Les valeurs des bicarbonates dans la plaine varient de 190 à 775 mg/l. les valeurs les plus importantes sont observées dans la partie Sud-Est de la plaine (P10 et P11).

D'une manière générale, Les eaux de la plaine sont moyennement potables malgré les fortes concentrations en sulfates, en chlorures et en bicarbonates.

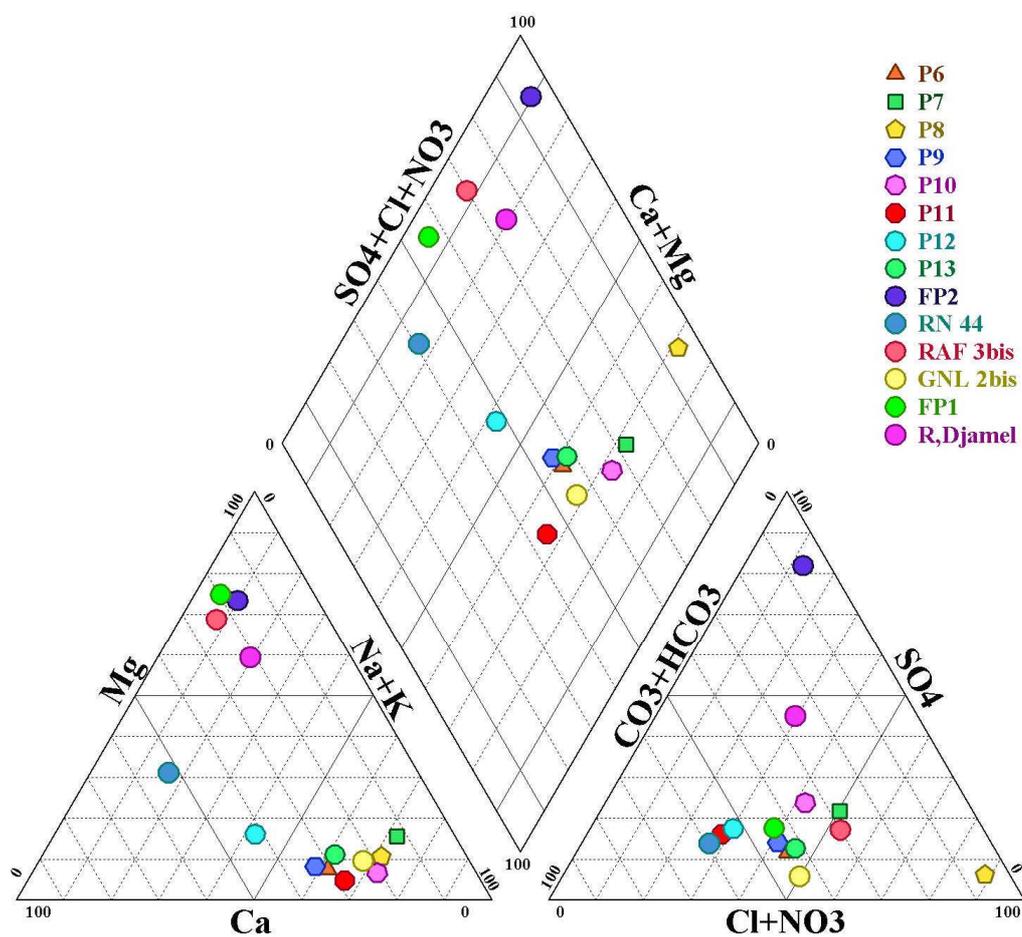
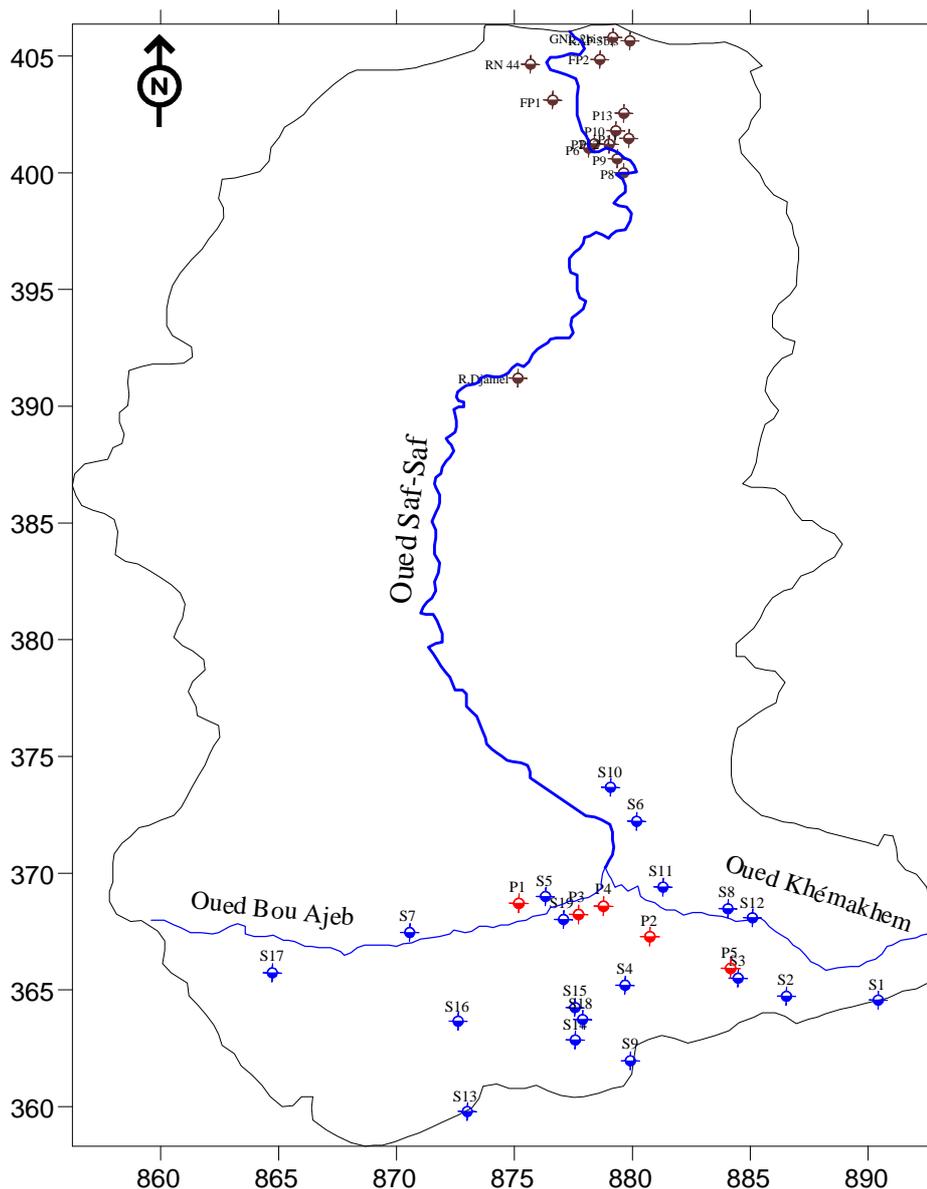


Figure.36. Diagramme de Piper pour les eaux souterraines de la partie Aval du bassin du Saf-Saf (plaine alluviale de Skikda, Mai 2005).



**Légende**

 Limites du bassin du Saf-Saf

 Cours d'eau

 S 7 Sources en amont

 P 3 Puits en amont

 Raf Points d'eau en aval

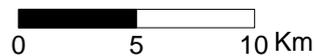


Figure.37. Carte d'inventaire des points de prélèvements en amont et en aval du bassin du Saf-Saf.

## II.2. La vulnérabilité du bassin à la pollution

Malgré qu'elle est très abondante dans le bassin du Saf-Saf, l'eau devient souvent impropre à la consommation, sous l'effet des pollutions qu'elle subit avec l'emprise des activités humaines, l'évolution importante de la production industrielle et des techniques agricoles.

### II.2.1. Les différents types de pollutions dans le bassin du Saf-Saf

La gestion très insuffisante de l'assainissement et l'absence de traitement dans le bassin du Saf-Saf ont aggravé la pollution du milieu, et particulièrement les ressources en eau. Les eaux usées domestiques et industrielles sont partout rejetées à l'état brut dans le milieu naturel et occasionnent des pollutions de plus en plus dangereuses pour les ressources en eau et la santé publique.

#### II.2.1.1. La pollution urbaine

Les eaux usées domestiques représentent la principale source de pollution organique dans le bassin du Saf-Saf. Elles engendrent une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines, ainsi que celles des eaux marines.

La population du bassin qui dépasse les 460 milles habitants, déverse annuellement dans le milieu naturel un volume de 23,23 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées. Les villes d'El Harrouch, Ramdane Djamel et Skikda, représentent elles seules plus de 75 % des ce volume rejeté. Dont, l'oued Saf-Saf reçoit la plus grande partie des ces rejets.

Le secteur d'assainissement dans le bassin accuse actuellement un sous-équipement en terme de réseaux et ouvrage d'épuration; les grandes et les moyennes villes disposent presque toutes d'un réseau d'assainissement collectif à un état moyen, par contre, les petites agglomérations en amont du bassin sont assainis par des systèmes autonomes. Et pour améliorer cette situation, il y a un projet de réalisation de quatre bassins de décantation dans les agglomérations de Saïd Bousbaâ et Toumiète (amont du bassin).

Il est à mentionner que la ville de Skikda avec une population qui dépasse les 100 milles habitants (186 877 habitants en 2006), pour laquelle l'implantation d'une station d'épuration est imposée par le règlement en vigueur (la loi n° 02-02 du 05 Février 2002 relative à la protection et la valorisation du littoral, article 22), ce qui n'est pas le cas, il n'y a que la station d'épuration en projet de Ben M'hidi. Un tel retard au niveau de traitement des eaux usées est à l'origine d'une très grande partie de la dégradation que connaît la qualité des eaux dans le bassin du Saf-Saf.

Tableau.24. Evolution des débits rejetés et la DBO<sub>5</sub> en fonction de la population dans la ville de Skikda (1998-2006)

Années	Population	Débits Rejetés (m <sup>3</sup> /j)	DBO <sub>5</sub> (Kg/j)
1998	155680	20305,7	7309,12
2004	178542	22387,5	8058,4
2006	186877	36405,5	13105,98

Source. Direction de l'Environnement de Skikda.2007



Rejet collecteur principal de la ville de Skikda



Rejets Beni Malek (oued Zeramna)

Figure.38. Rejets d'eaux usées urbaines dans le milieu naturel dans le bassin du Saf-Saf

### II.2.1.2. La pollution industrielle

La pollution industrielle est fortement enregistrée en aval du bassin (ville de Skikda), vu l'implantation du pôle hydrocarbure d'une superficie d'environ 1200 ha.

Chaque unité de production rejette normalement ses eaux usées industrielles vers une sous station de traitement, où les eaux résiduaires du processus de production doivent subir une neutralisation avant évacuation vers l'oued Saf-Saf. Ces eaux chargées en hydrocarbure doivent aussi subir une décantation, ce qui n'est pas le cas, toutes ces eaux ne subissent aucun traitement adéquat, elles sont déversées directement dans l'oued Saf-Saf ou la mer.

A titre d'exemple, Le complexe gaz naturel liquéfié (GL1/K) rejette ces eaux résiduaires dans l'oued Saf-Saf avec des teneurs élevée en phénols de l'ordre de 5,6 mg/l (La norme admise en Algérie est de 0,5 mg/l), et contiennent des produits classés hautement toxiques tel que la Morpholine et la Monoethanolamine (MEA).

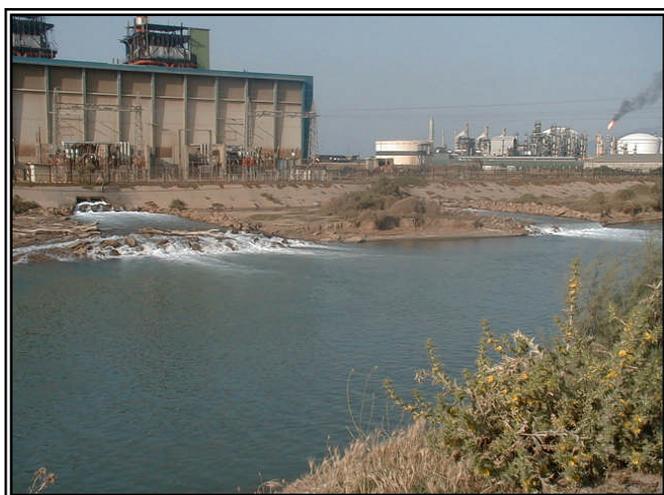
Ainsi, les effluents de la Centrale Thermique d'Electricité (CTE) sont chargés de polluants bactériologiques et organiques caractérisés par leur température élevée (pollution thermique) conduisant à l'épuisement de l'oxygène dissous.

Parmi les métaux lourds enregistrés dans la région, c'est le plomb qui prédomine par son emploi fréquent par les différentes unités. Le chlore et la soude en sont aussi problématiques.

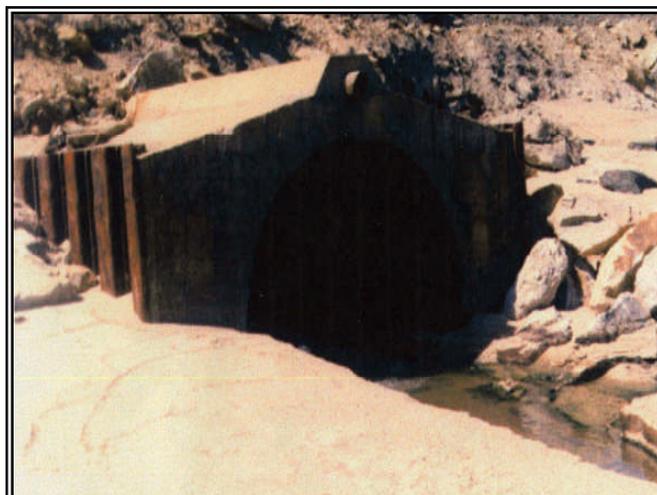
Tableau.25. Types de polluants et volumes d'eaux usées rejetés de quelques unités de la zone industrielle pétrochimique de Skikda.

Unités	Type de produit	Type de polluant	Eau rejetée (m <sup>3</sup> /j)	Milieu récepteur
RA1/K	Raffinage des produits pétrochimiques	Hydrocarbure, boues, Produits chimiques	2162	Oued Marhoum, Oued Saf-Saf
GL1/K	Liquéfaction du gaz naturel	Phénols, Morpholine, Monoethanolamine.	980	Oued Saf-Saf
CP1/K	Matières plastiques	Mercure, produits chlores, acides, bases	1421	La mer
CTE	Production d'électricité	Soude solide, sulfates, fer	136	Oued Saf-Saf La mer

Source. Direction de l'Environnement de Skikda.2007



Rejets de la CTE dans l'oued Saf-Saf



Rejets du CP1/K dans la mer

Figure.39. Rejets d'eaux usées industrielles dans le bassin du Saf-Saf.

L'insuffisance ou, carrément, l'absence de stations d'épuration et de traitement à l'exutoire de ces centres et des zones d'activités industrielles permet d'appréhender l'ampleur de la catastrophe qui menace les ressources en eau superficielles et souterraines.

Pour promouvoir une politique de concertation avec le secteur industriel, le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a encouragé un certain nombre d'industries à signer des engagements pour la mise en œuvre d'action de contrôle et de surveillance de la pollution industrielle.

Ainsi, le recours aux codes des eaux, reste l'outil réglementaire incontournable pour une législation performante équilibrant l'environnement et le développement industriel (application du principe Polluer - Payeur).

### II.2.1.3. La pollution agricole

Le recours à l'agriculture intensive dans le bassin du Saf-Saf s'est accéléré durant les années 1990, par le développement de l'irrigation (périmètre irrigué du Saf-Saf). Ainsi, la libéralisation du secteur agricole a facilité aux agriculteurs l'utilisation d'engrais et de produits chimiques de traitement de cultures, pour augmenter leur production, notamment les incitations financières introduites par les programmes de développement agricole mis en œuvre par l'Etat. Cependant, cette utilisation d'engrais et de produits chimiques n'est pas toujours maîtrisée, et on constate souvent une sur utilisation de ces produits, se trouvent dans les eaux superficielles et souterraines par ruissellement et infiltration. Ils entraînent donc une dégradation de la qualité de l'eau qui la rend à terme impropre à la consommation.

A titre d'exemple, à la commune d'Emjez Edd Chich qui représente le secteur IV du périmètre irrigué, les agriculteurs utilisent des quantités considérables de produits phytosanitaires solides (16 240 Kg/an) et d'engrais chimiques (19 320 quintaux). De même, à El Harrouch, les agriculteurs utilisent en excès les produits phytosanitaires liquides (6425 l/an).

Tableau.26. Quantités d'engrais et de produits phytosanitaires délivrées dans quelques communes du bassin du Saf-Saf.

Quantité délivrée aux Commune	Produits Phytosanitaires Liquides (L)	Produits Phytosanitaires Solides (Kg)	Engrais chimiques (Quintal)
El Harrouch	6425	1780	15825
Emjez Ed Chich	3515	16240	19320
Salah Bouchaour	550	350	1900
Skikda	470	680	1880

Source. DSA Skikda.2007



Figure.40. Irrigation et agriculture intensive dans le périmètre du Saf-Saf.

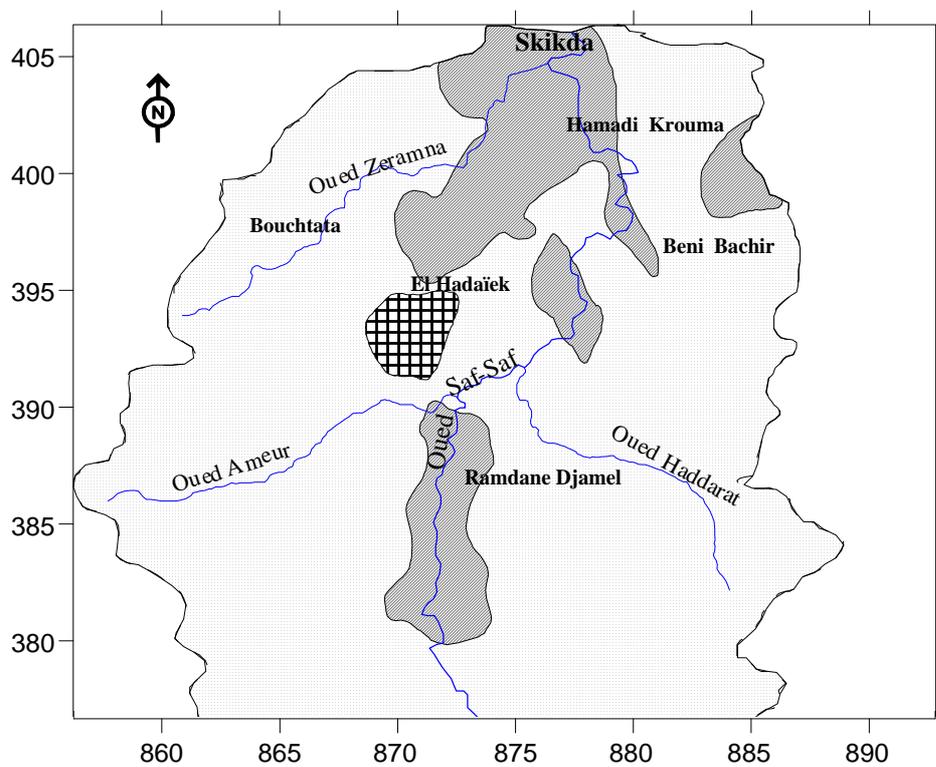
### II.2.2. La carte de vulnérabilité de la nappe alluviale du Saf-Saf ; application de la méthode DRASTIC

Avec des pollutions urbaines et industrielles qui s'accroissent d'année en année, les risques de contamination des aquifères péris urbains s'intensifient de manière préoccupante. Le modèle DRASTIC, en donnant poids et cote à sept paramètres hydrogéologiques, permet d'établir pour les eaux souterraines d'un aquifère alluvionnaire des courbes de vulnérabilité des nappes et de visualiser les principales zones à risque. Dans ce sens, cette méthode est appliquée en Aval du bassin du Saf-Saf à la nappe alluviale de Skikda (H.Chaffai et al. 2006).

L'établissement de la carte de vulnérabilité de la région a permis de visualiser les principales zones à risque qui sont liées à des indices élevés selon la méthode DRASTIC, les plages de vulnérabilité basées sur la classification de l'U.S Environmental Protection Agency (USEPA) sont définies comme suit :

- (1) Vulnérabilité faible:  $I \leq 100$
- (2) Vulnérabilité moyenne:  $100 \leq I \leq 150$ ,
- (3) Vulnérabilité forte:  $I \geq 150$

Les calculs des indices DRASTIC correspondants montrent des valeurs oscillant entre 100 et 164. L'observation de la carte de vulnérabilité (Fig.40) met en évidence la dominance de la classe 2 ( $100 \leq I \leq 150$ ), ce qui indique une moyenne vulnérabilité à la pollution dans la majeure partie de la plaine. Une faible vulnérabilité localisée au sud de la commune d'El Hadaeïk et une forte vulnérabilité aux alentours de la ville de Skikda (Nord de la plaine) et dans la commune de Ramdane Djamel au Sud sont observées. Cette forte vulnérabilité s'explique par la lithologie sableuse du terrain, par la perméabilité et par la nature libre de la nappe.



**Légende :** ( I : Indice)

-  Vulnérabilité faible:  $I < 100$
-  Vulnérabilité moyenne :  $100 < I < 150$
-  Vulnérabilité forte :  $I > 150$



Figure.41. Carte de Vulnérabilité de la plaine alluviale du Saf-Saf (H. Chaffai et Al. 2006. Modifiée).

## Conclusion

Le diagnostic de l'état de la qualité des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf montre que dans l'ensemble, les cours d'eau présentent un état de qualité assez bonne sur la totalité ou la majeure partie de leur parcours, à l'exception des tronçons situés en aval des rejets urbains des grandes agglomérations et de la zone industrielle, qui dégradent de façon notable la qualité des eaux de surface.

Les eaux souterraines ont une composition chimique étroitement liée aux terrains qui les contiennent, dont l'amont est caractérisé par des eaux sulfatées calciques issues des formations marneuses, argileuses et gréseuses. Cependant, les eaux de la partie aval (plaine alluviale du Saf-Saf) sont principalement chlorurées sodiques. Les eaux de la plaine sont donc moyennement potables malgré les fortes concentrations en sulfates, en chlorures et en bicarbonates.

La carte de vulnérabilité de la plaine alluviale du Saf-Saf établie par la méthode DRASTIC fait ressortir trois horizons à vulnérabilités différentes, une zone de faible vulnérabilité localisée à El Hadaeïk, au centre de plaine. La majeure partie du terrain est caractérisée par une vulnérabilité moyenne. Cependant, les zones de forte vulnérabilité sont situées autour de la ville de Skikda au nord et dans la région de Ramdane Djamel au Sud.

Cette carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines pourra alors servir à l'élaboration de schémas directeurs d'aménagement des territoires en tenant compte de la préservation de ces ressources.

# CHAPITRE : V

## BESOINS, UTILISATIONS ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN

---

### Introduction

A chaque usage (domestique, industriel ou agricole), correspond des besoins en eau très variables en quantité et en qualité, suivant les secteurs et surtout les saisons.

La demande en eau pour des usages domestiques devrait croître considérablement dans les prochaines années dans les pays en voie de développement. Dans une étude récente, l'Organisation des Nations Unies rappelle que près de 1,1 milliards de personnes manquent d'eau potable, et que 2,9 milliards de personnes ne disposent pas de services d'assainissement, et estime que les problèmes d'approvisionnement en eau potable dans les pays en voie de développement se verront aggravés par le taux élevé de croissance de population et la concentration graduelle de la population dans les grandes villes (ONU.1997 in Blanco).

Le bassin du Saf-Saf ne fait pas exception, ses besoins en eau sont en augmentation continue. Globalement, on estime les besoins en eau dans le bassin à près de 66.33 millions de m<sup>3</sup> par an, dont la consommation domestique (AEP) est considérée comme le grand consommateur d'eau avec un volume de 31,13 millions de m<sup>3</sup>, soit un taux de 47 % de la totalité des besoins en eau du bassin. Toutefois cette dominance est due au développement démographique considérable dans le bassin. Les besoins en eau d'irrigation pour alimenter le périmètre du Saf-Saf sont estimés à 25,22 millions de m<sup>3</sup>, soit un taux de 38 %. Quant aux besoins en eau industriels, ils ne représentent que 15 % de l'ensemble des besoins en eau du bassin du Saf-Saf. Cette distinction aux besoins en eau pour chaque usage fait ressortir la vocation agricole du bassin du Saf-Saf, concentrée surtout dans sa partie centrale.

## 1. L'alimentation en eau potable (AEP)

L'une des préoccupations majeures des pouvoirs publics du bassin du Saf-Saf a été de s'efforcer de résoudre l'épineuse équation entre les ressources en eau et la satisfaction des besoins eau des populations.

L'évaluation de cette demande en eau toujours croissante dépend de plusieurs facteurs socio-économiques tels que la démographie, le niveau de vie, le type d'habitat, les habitudes socio-culturelles. etc. Donc, en toute logique, on devrait rapporter la demande en eau potable au nombre d'habitants.

Le bassin du Saf-Saf d'une superficie de 1158 Km<sup>2</sup>, couvre entièrement les Daïra de Skikda, Ramdane Djamel et El Harrouch, et partiellement les Daïra d'El Hadaeik et Sidi Mezghiche.

Selon les projections de l'année 2006, basées sur le recensement de 1998, la population du bassin du Saf-Saf atteint les 464 154 habitants, dont plus de 246 milles habitants sont localisés dans sa partie avale, soit un taux de 53 %. Le centre du bassin compte 35% de la population totale, le reste (12 %) est dispersé dans l'amont montagneux.

### 1.1. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable

En matière d'approvisionnement en eau potable, la dotation moyenne à travers le bassin est fixée par la DHW de Skikda à 160 litres par jour et par habitant, les besoins en eau vont s'augmenter donc à 31.13 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2006. Cependant, le volume réellement produit pour couvrir ces besoins en eau domestiques est de l'ordre de 24,25 millions de m<sup>3</sup> par an, soit un taux de satisfaction <sup>(2)</sup> de près de 78 %.

---

<sup>(2)</sup> : Taux de satisfaction est le ratio entre le volume produit pour l'AEP et le volume des besoins de l'AEP.

Tableau.27. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans le bassin du Saf-Saf (2006).

Bassin	Communes	Population 2006	Dotation Théorique (l/J/hab)	Dotation Réelle (l/J/hab)	Besoin en eau (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Volume Produit (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Taux de raccordement (%)	Longueur du réseau (Km Linéaire)	Taux de pertes (%)
Amont	Zardézas	14 893	150	66	815,39	359	50	6000	30
	Ouled Hebaba	9 562	150	81	523,52	283	70	6900	23
	Aïn Bouziane	10 115	150	77	553,80	285	80	16500	30
	Es Sebt	19 043	150	28	1042,60	197	85	8000	8
	Zighout Youcef	1781	160	85	104,01	55	72	3000	
Centre	El Harrouch	50 002	180	138	3285,13	2 526	90	52000	20
	Salah Bouchaour	31 230	160	84	1829,08	960	80	28700	26
	Emjez Edd Chich	20 246	160	51	1182,36	379	70	19000	52
	Ramdane Djamel	28 378	160	144	1657,27	1 497	90	23400	40
	Sidi Mezghich	25 396	160	109	1483,12	1 006	80	27100	50
	El Ghédir	7 428	150	155	406,68	420	99	4500	5
Aval	Skikda	186 877	220	212	15006,22	14 468	92	175000	20
	Hamadi Krouma	23 341	150	93	805,64	500	94	36050	20
	El Hadaiek	14 715	150	80	1277,92	684	85	13300	30
	Bouchtata	10 964	150	59	600,28	236	90	10300	30
	Beni Bechir	10 182	150	107	557,46	397	80	9500	40
<b>Bassin Saf-Saf Total</b>		<b>464 153</b>	<b>159,375</b>	<b>98,06</b>	<b>31 130</b>	<b>24 252</b>	<b>82</b>	<b>439 250</b>	<b>28,26</b>

Source. DHW Skikda 2006

Les dotations en eau présentées par habitant dans le bassin du Saf-Saf sont globalement bien inférieures à la moyenne nationale (150 l/j/hab), elles seraient en moyenne de l'ordre de (100 l/j/hab), mais elles sont très inégales suivant les régions dans le bassin, où dans le centre et l'aval du bassin les dotations dépassent les (110 l/j/hab). Cependant, pour l'amont elles n'atteignent pas les (70 l/j/hab). Plus qu'aux différences de niveau de développement socio-économique, cette diversité est liée au type d'habitat ainsi qu'au niveau de vie, avec un amont purement rural, les demandes en eau sont de l'ordre de 25 milles m<sup>3</sup> par an et par habitant. Ces demandes vont doubler pour atteindre les 50 milles m<sup>3</sup> annuellement pour chaque habitant dans le centre et l'aval du bassin.

C'est ainsi que la production en eau potable est passée de 21,43 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2000, à près de 24,25 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2006, soit une augmentation moyenne annuelle de 0,47 million de m<sup>3</sup>.

Concernant le niveau de service, le taux de raccordement vari entre 72% pour l'amont du bassin et 85% au centre, et atteint les 88% en aval, soit un taux de raccordement moyen de 82% pour l'ensemble du bassin, d'un linéaire total de 439 250 km.

Il est à signaler que les réseaux d'adduction et de distribution d'eau potable continuent de poser des problèmes au niveau de leur entretien avec des pertes importantes des eaux. Les fuites enregistrées dans les réseaux du bassin sont estimées en moyenne à 28%. Elles peuvent parfois avoisiner les 50% (la commune de Emjez Edd Chich 52%).

#### **I.1.1. L'eau potable en milieu urbain**

Durant la dernière décennie, le secteur de l'eau potable en milieu urbain a bénéficié d'une grande priorité pour la mobilisation, la production et l'extension du service.

La population urbaine est concentrée à 75 % dans les trois grandes villes de Skikda, Ramdane Djamel, et El Harrouch. (Centre et aval du bassin).

C'est ainsi que la consommation urbaine en eau potable dans la ville de Skikda est passée de 15,28 millions de m<sup>3</sup> en 1996 à 16,43 millions de m<sup>3</sup> en 2000, pour atteindre 23,25 millions de m<sup>3</sup> en 2006.

La population urbaine branchée au réseau de distribution est de l'ordre de 289 milles habitants, soit un taux de branchement de 91 %.

Ces grands pôles urbains localisés surtout en aval du bassin, sont considérés comme des grands consommateurs d'eau, en bénéficient des apports provenant de l'amont du bassin du Saf-Saf et des bassins avoisinants (Guebli et Kebir Ouest). Cependant, leur production reste largement insuffisante pour satisfaire leurs besoins en eau.

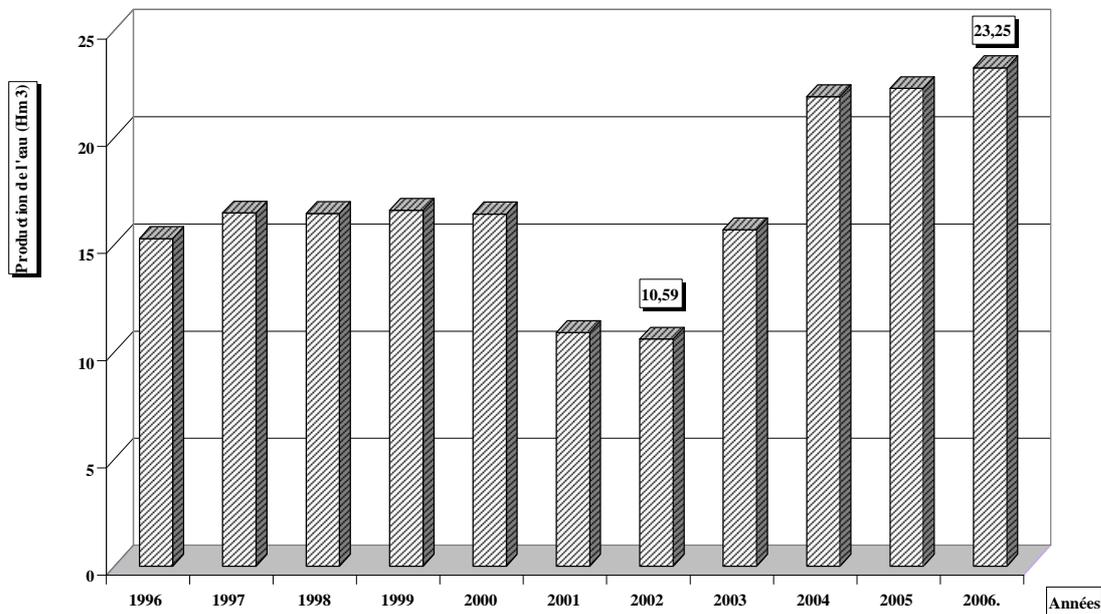


Figure.42. Evolution de la production en eau potable pour la ville de Skikda (à la Station de traitement Hamadi Krouma 1996-2006)

### I.1.2. L'eau potable en milieu rural

A l'inverse du secteur de l'eau potable en milieu urbain, le service de l'eau potable en milieu rural n'a pas connu un développement aussi important, et n'a pas bénéficié du même effort que celui du milieu urbain. La raison de ce retard est à imputer aux difficultés liées à la dispersion de l'habitat, ainsi que l'insuffisance des investissements public dans le secteur.

La population rurale dans le bassin du Saf-Saf compte plus de 175 milles habitants, mais elle ne consomme en moyenne que 70 litres par jour et par habitant, cette dotation peut descendre de moins de 30 l / j /hab. (28 l / j /hab à la commune d'Es Sebt selon les données de la DHW de Skikda).

L'approvisionnement en eau potable dans le milieu rural se fait principalement à partir des eaux souterraines; puits domestiques et sources aménagées. Une étude faite dans l'amont du bassin du Saf-Saf a permis de déceler la présence d'environ 102 puits domestiques et 316 sources, mais la majorité des sources inventoriées sont mal captées ou partiellement aménagées.

Globalement, la demande en eau dans le milieu rural reste moins accentuée qu'en milieu urbain, malgré que l'amont du bassin est considéré comme un grand producteur et fournisseur d'eau et encore épargné des pollutions.



Figure.43. Alimentation en eau potable dans le milieu rural à partir des sources captées en amont du bassin du Saf-Saf.

## 1.2. Les besoins et les demandes en eau potable futurs; Essai de Prospective

La connaissance assez précise et complète des utilisations d'eau présentes, par tous les secteurs économiques, est la base nécessaire des projections de la demande en eau. Cette connaissance est cependant encore imparfaite, et elle se heurte à diverses difficultés.

Les statistiques disponibles sur les demandes et les prélèvements en eau potable à l'échelle du bassin du Saf-Saf reposent plus sur des estimations que sur des recensements, donc elles sont affectées d'une certaine incertitude.

Bien sûr, la connaissance des besoins passés est certainement le meilleur guide de ces projections, à condition de pouvoir apprécier correctement l'impact des conditions climatiques, qui peuvent souvent provoquer des oscillations importantes des besoins. Ainsi, une certaine relativité doit être introduite dans l'appréciation de la demande en eau, par suite de l'imperfection (l'imprécision) du comptage, des fuites et du gaspillage. Donc, les prévisions doivent intégrer un certain coefficient de sécurité.

Le plus souvent, on rapporte la demande en eau potable au nombre d'habitants. Pour calculer l'évolution de la population du bassin du Saf-Saf, nous avons fait recours à la formule fréquemment utilisée par les services des statistiques et de la population (ONS) <sup>(1)</sup>.

$$P_f = P_n (1 + a)^n$$

Où:  $P_f$  : Population à l'horizon voulu.

$P_n$  : Population à une année de référence.

$a$  : Taux d'accroissement démographique global moyen (%)

$n$  : Nombre d'années qui séparent l'année de référence à l'horizon voulu.

Dans le cadre de notre étude dans le bassin du Saf-Saf, les horizons voulus vont 1998 entant qu'une année de référence, où un RGPH <sup>(2)</sup> a été effectué, jusqu'au 2030, avec un pas de cinq ans. Le taux d'accroissement démographique global moyen est de l'ordre de 2,31 % selon les données de la DPAT <sup>(3)</sup>.

Le tableau ci-dessous résume l'évolution des besoins en eau en parallèle avec l'évolution de la population, selon une dotation moyenne fixée par la DHW de Skikda à 160 l / j / hab à l'échelle du bassin du Saf-Saf.

Tableau.28. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le bassin versant du Saf-Saf

Année	1998	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Population</b>	385 368	403 378	452 171	508 712	569 980	639 139	716 188	800 303
<b>Besoins AEP (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	25,856	27,065	30,339	34,113	38,222	42,859	48,026	53,697

Source. DHW Skikda.2007

<sup>(1)</sup> : ONS : Office National des Statistiques

<sup>(2)</sup> : RGPH : Recensement Général de Population et d'Habitats.

<sup>(3)</sup> : DPAT : Direction de Planification et d'Aménagement du territoire.

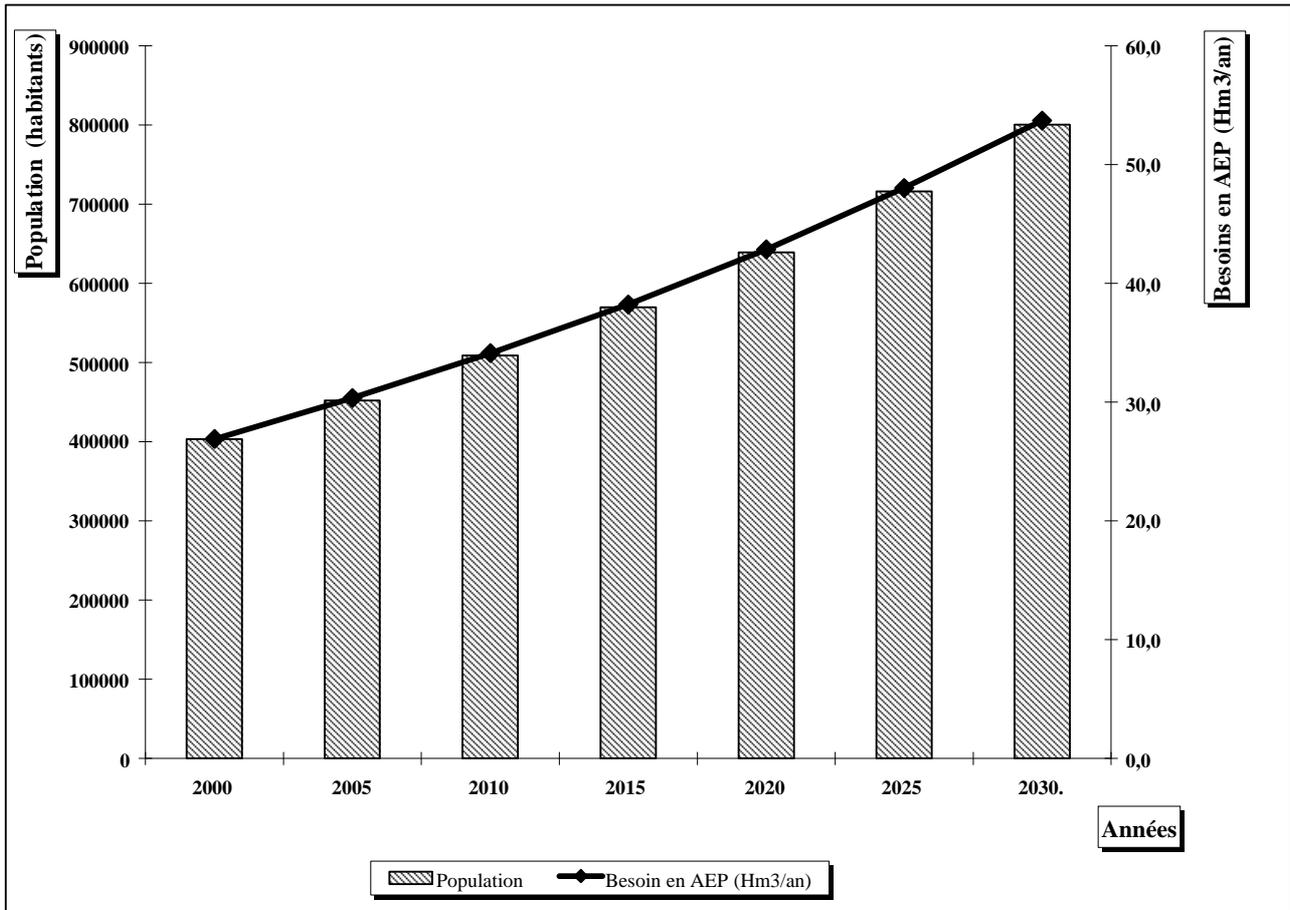


Figure.44. Graphe de Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le bassin versant du Saf-Saf. (2000-2030)

La population du bassin du Saf-Saf est passée de 385 368 à 464 153 habitants entre 1998 et 2006 (ce dernier chiffre reste à confirmer par le recensement en cours), et selon les projections, cette population peut dépasser les 800 milles habitants à l'horizons 2030.

D'après le tableau précédent, on observe que les besoins en AEP ont augmentés de 25,85 millions de m<sup>3</sup> en 1998, pour atteindre en 2006 environ de 31,13 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveraient au total en 2030 à 70 % de leur volume actuel, qui correspond à environ 53,69 millions de m<sup>3</sup>.

Ces projections de l'évolution des besoins en eau potable dans le bassin du Saf-Saf sont risque d'être sous estimées, parce qu'elles sont basées sur l'hypothèse de constance des demandes en eau potable par habitant (scénario tendanciel). Cette hypothèse a sans doute pour défaut de ne pas prendre en compte les croissances des demandes en eau potable par commune (rurale ou urbaine).

## II. L'alimentation en eau d'irrigation (AEA)

La promotion du monde rural et l'autosuffisance alimentaire sont les objectifs fondamentaux de la nouvelle politique agricole nationale, basée sur une bonne gestion des ressources hydriques dans les terres agricoles.

La création de l'ONID <sup>(1)</sup> est l'une des différentes restructurations agraires pratiquées. Il est un établissement public à caractère industriel et commercial, chargé de la gestion et l'exploitation des ressources en eau et les infrastructures hydrauliques dans les périmètres d'irrigation que l'Etat ou les collectivités territoriales lui concèdent. L'ONID est chargé notamment de la commercialisation de l'eau d'irrigation.

### II.1. Le périmètre irrigué du Saf-Saf; Présentation physique

Compte tenu des potentialités hydriques superficielles et souterraines et en sol dans le bassin du Saf-Saf, cela permis la valorisation de la petite et la moyenne hydraulique, ainsi que l'irrigation des grands périmètres.

L'irrigation dans le bassin du Saf-Saf est devenue donc une condition nécessaire à la modernisation et à la sécurité des exploitations agricoles.

La plaine du Saf-Saf d'une superficie de 6276 ha, dont la superficie équipée et irriguée est de 5654 ha, divisée en quatre secteurs différents. Le périmètre irrigué du Saf-Saf est doté d'un réseau de distribution de l'eau d'une longueur totale de 135 000 mètres linéaires, avec un réseau de drainage de 19,1 km. Le périmètre est couvert de près de 384 bornes assurant l'arrosage des quatre secteurs.

Tableau.29. Présentation physique du périmètre irrigué du Saf-Saf

Secteur		Superficie (ha)	Longueur du réseau (m Linéaire)	Réseau de drainage (km)	Nombre de bornes
<b>Skikda</b>	<b>I</b>	1720	42 000	5,60	90
<b>Salah Bouchaour</b>	<b>II</b>	1609	40 000	5,00	114
<b>El Harrouch</b>	<b>III</b>	1023	29 000	5,20	78
<b>Emjez Edchich</b>	<b>IV</b>	1302	24 480	3,30	102
<b>Périmètre du Saf-Saf</b>		<b>5654</b>	<b>135 480</b>	<b>19,10</b>	<b>384</b>

Source. ONID 2007

La gestion de ce périmètre était confiée à l'ONID, cependant les terres agricoles non irriguées sont gérées par la DSA <sup>(2)</sup> de Skikda.

<sup>(1)</sup> : ONID : Office National d'Irrigation et de Drainage.

<sup>(2)</sup> : DSA : Direction des Services Agricoles.

Concernant la mise en valeur hydro agricole du périmètre, dans l'étude de l'avant projet du périmètre irrigué de la vallée du Saf-Saf, il a été programmé de réaliser quatre assolements des différents types de cultures, un premier assolement pour les arbres fruitiers, dans les zones où il existe déjà. Pour les trois autres assolement A, B et C, il a été pris en considération les caractéristiques du sol, ainsi que les sources d'approvisionnement en eau d'irrigation.

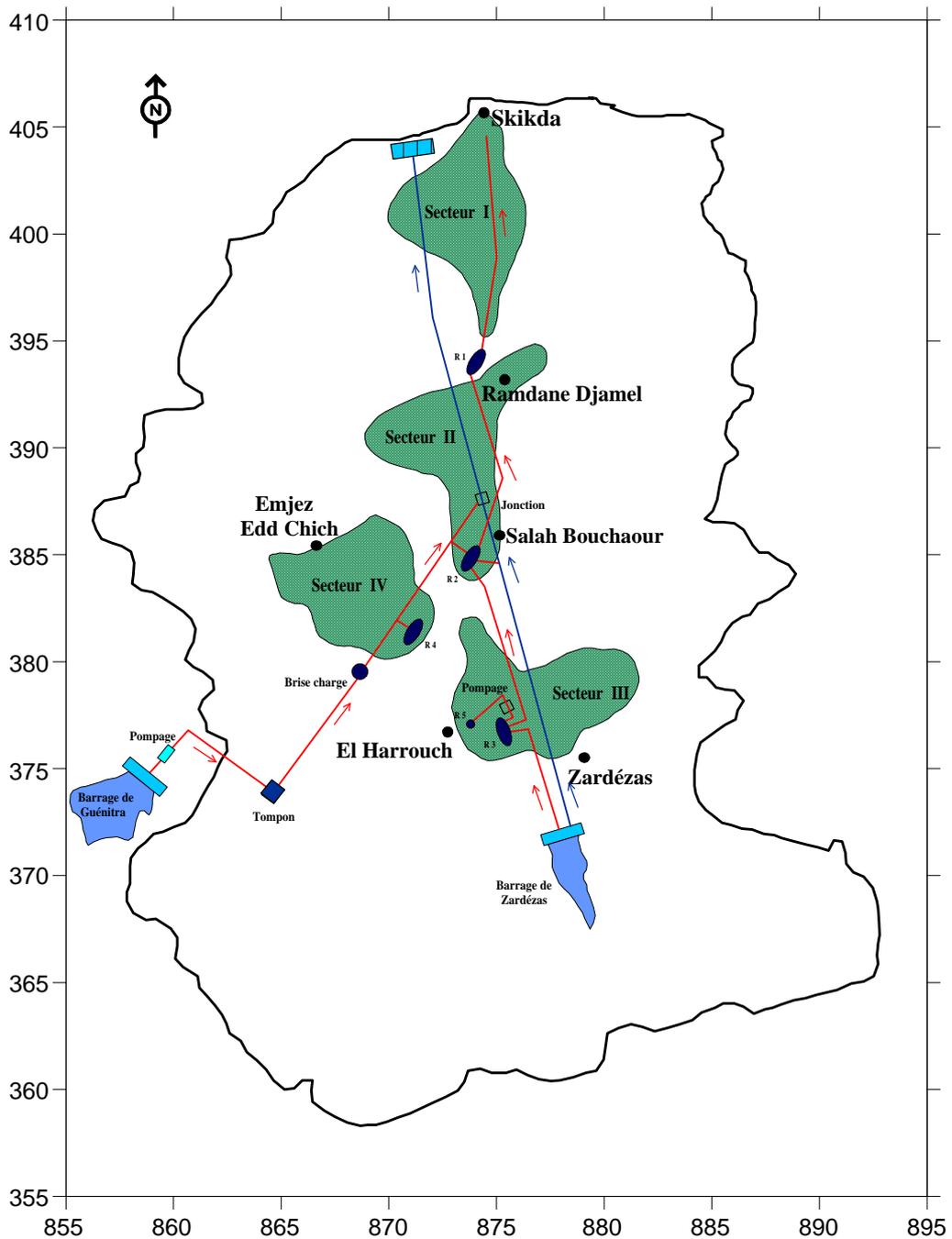
Tableau.30. Assolements des cultures dans le périmètre irrigué du Saf-Saf

<b>Assolements</b>	<b>Surfaces (ha)</b>	<b>Type de culture</b>
Assolement des arbres fruitiers	1380	-Oranges -Pommes,...
Assolement A	2729	- Cultures maraîchères - Betteraves - Vesce avoine
Assolement B	311	- Luzerne - Cultures maraîchères
Assolement C	680	- Luzerne - Cultures maraîchères - Maïs, grain.... - Vesce avoine

*Source. ONID 2007*

Mais, la réalité c'est que les cultures les plus dominantes dans les secteurs opérationnels sont les cultures maraîchères, surtout les pommes de terre et l'oignon....., ainsi que l'arboriculture.

Alors que la pratique des cultures fourragères irriguées qui sont programmées dans l'étude de l'avant projet du périmètre, sont absentes en totalité dans les différents secteurs.



**Légende :**

- Conduite mixte AEP . Irrigation
- Conduite AEP Skikda
- Réservoirs
- Sens d'écoulement après pompage
- Station traitement AEP Skikda
- Agglomération



Figure.45. Schéma directeur et principe de distribution de l'eau dans le périmètre irrigué du Saf-Saf.

## II.2. Les besoins et l'alimentation en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf

Le périmètre irrigué de la vallée du Saf-Saf occupe une superficie totale de 5654 ha. Il est divisé en quatre secteurs qui sont équipés en totalité. L'alimentation en du périmètre s'effectue à partir des débits régularisés des barrages de Zardézas et Guénitra, ainsi qu'un volume d'eau est dernièrement destiné à l'irrigation de la partie aval du périmètre (secteur I) à partir du barrage de Zit el Emba.

Actuellement (2007), les cotas d'eau alloués pour l'irrigation du périmètre sont de l'ordre de 26 millions de m<sup>3</sup> pour satisfaire les besoins de la campagne d'irrigation. Dont le barrage de Guénitra contribue avec un volume de 15 millions de m<sup>3</sup> (soit 57 %), 6 millions de m<sup>3</sup> à partir du barrage de Zardézas. Le reste du volume d'eau (5 millions de m<sup>3</sup>) est prélevé à partir du barrage de Zit el Emba.

Théoriquement, les besoins en eau totaux du périmètre du Saf-Saf sont estimés à environ de 44 millions de m<sup>3</sup>, soit un déficit de l'ordre de 18 millions de m<sup>3</sup>.

Mais, actuellement et vu les secteurs opérationnels (III et IV) et les superficies irriguées, les besoins en eau dans le périmètre sont largement satisfaits, dont les deux secteurs en fonction consomment un volume de 25,22 millions de m<sup>3</sup>.

Tableau.31. Ressources en eau et dotations théoriques pour l'irrigation du périmètre du Saf-Saf

Secteur		Superficie (ha)	Débit fictif continu		Volume fictif distribué (Hm <sup>3</sup> /an)
			(m <sup>3</sup> /s)	(10 <sup>3</sup> . m <sup>3</sup> /j)	
Skikda	I	1720	0,73	63,07	11,54
Salah Bouchaour	II	1609	0,46	39,74	7,27
El Harrouch	III	1023	0,68	60,10	10,99
Emjez Edchich	IV	1302	0,90	77,76	14,23
<b>Périmètre du Saf-Saf</b>		<b>5654</b>	<b>2,77</b>	<b>240,67</b>	<b>44,03</b>

Source. ONID 2007

## II.3 Les superficies irriguées et les volumes d'eau distribués dans le périmètre du Saf-Saf

Actuellement, deux secteurs seulement sont en exploitation, sont le secteur d'El Harrouch (secteur III) et le secteur d'Emjez Edd Chich (secteur IV). Les deux autres secteurs non opérationnels sont le secteur I de Skikda et le secteur II de Salah Bouchaour. Les travaux de réalisation des ces deux secteurs ont été achevés en 2001, mais ils restent cependant inexploités à cause de l'insuffisance d'eau dans les barrages.

Les superficies irriguées depuis 1992 (année de mise en service du périmètre) sont en augmentation continue jusqu'à 1995, la superficie est passée de 108 à 1125 ha dans une durée de trois ans, cette augmentation est logique, sachant que le secteur III a été mis en exploitation en 1994.

En 1996, les superficies irriguées ont connues une diminution due à la rotation des cultures, les agriculteurs laissent la terre irriguée au repos, ou parfois ils changent les cultures irriguées par d'autres cultures en sec.

Les années 1997 et 2001 ont enregistré des chutes dans les superficies irriguées. Par contre, en 1999 une augmentation a été enregistrée pour atteindre 1613 ha. Ces variations sont dues au changement des précipitations annuelles. De même, en 2005, la superficie irriguée est de l'ordre de 1600 ha.

En 2007, est avec la fin de la campagne d'irrigation, la superficie irriguée ne dépasse pas les 1080 ha, car les agriculteur sont irrigué des petites superficies par rapport à leur superficies totales.

Parallèlement, les volumes d'eau réellement consommés sont en augmentation continue, de 0,5 millions de m<sup>3</sup> en 1992 jusqu'à 7,3 millions de m<sup>3</sup> en 1999, avec une dose moyenne de l'ordre de 4500 m<sup>3</sup>/ha/an.

L'année 1997 a enregistré le volume d'eau consommé le plus faible (1,28 millions de m<sup>3</sup>). Cette chute est due à une diminution des superficies irriguées, aussi l'année pluviométrique était largement déficitaire, ce qui a provoqué un arrêt de la campagne d'irrigation. La situation a été observée les années 2000 et 2001, où on a constaté une baisse importante des volumes d'eau distribués.

Actuellement (2007), un volume de 4,9 millions de m<sup>3</sup> est seulement distribué pour assurer l'irrigation de près de 1080 ha, soit une dose moyenne annuelle de l'ordre de 4530 m<sup>3</sup>/ha/an, alors que la dose annuelle théorique a été fixée à 6500 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les variations des volumes d'eau distribués et les superficies irriguées dépendent donc de la disponibilité de l'eau derrière les barrages.

Tableau.32. Evolution des superficies irriguées et des volumes d'eau distribués dans le périmètre du Saf-Saf (1992-2007)

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2005	2007
<b>Superficie Irriguée (ha)</b>	108	294	653	1125	1104	912	1310	1613	1312	500	1600	1080
<b>Volume d'eau distribué (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	0,5	1,25	3,00	5,00	5,55	1,28	5,94	7,30	5,00	2,70	7,20	4,9
<b>Dose (m<sup>3</sup>/ha/an)</b>	4630	4252	4594	4444	5027	1404	4534	4526	3811	5400	4500	5570

Source. ONID.2007

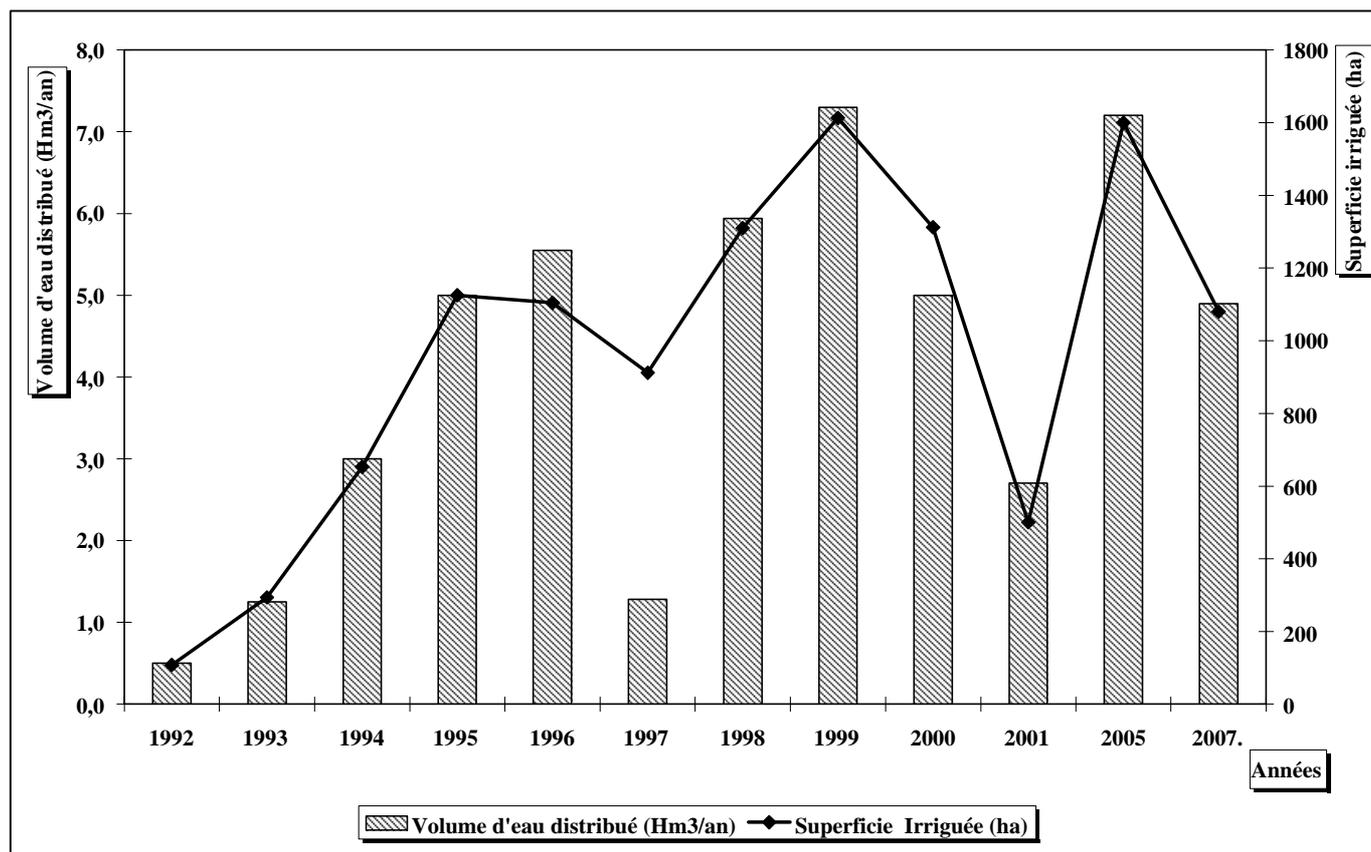


Figure.46. Evolution des superficies irriguées et des volumes d'eau distribués dans le périmètre du Saf-Saf (1992-2007)

#### II.4. La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation

La superficie irrigable dans le périmètre du Saf-Saf est estimée à 5654 ha, tandis que l'on irrigue actuellement que 1080 ha, soit un taux de 19 % de la superficie irrigable totale.

Si l'on veut irriguer toute cette superficie avec une dotation de 6500 m<sup>3</sup>/ha/an, on y a besoin d'un volume de 36,75 millions de m<sup>3</sup> annuellement.

Tableau.33. Besoins en eau de la totalité du périmètre du Saf-Saf

Secteur		Superficie (ha)	Besoin en eau (Hm <sup>3</sup> /an)
<b>Skikda</b>	<b>I</b>	1720	11,18
<b>Salah Bouchaour</b>	<b>II</b>	1609	10,45
<b>El Harrouch</b>	<b>III</b>	1023	6,65
<b>Emjez Edchich</b>	<b>IV</b>	1302	8,47
<b>Périmètre du Saf-Saf total</b>		<b>5654</b>	<b>36,75</b>

Source. ONID. 2007

On constate que la demande en eau la plus élevée (plus de 11 millions de m<sup>3</sup>) est représentée par le secteur I de Skikda. Cette demande sera satisfaite les prochaines années à partir des eaux du barrage de Zit el Emba, ainsi que par la réutilisation des eaux épurées de la station d'épuration en projet. Le secteur II de Salah Bouchaour consomme un volume de 10,45 millions de m<sup>3</sup> par an. Quant aux deux autres secteurs III et IV, les besoins en eau n'atteignent pas les 9 millions de m<sup>3</sup> par pour chaque secteur.

Donc, l'évolution des besoins en eau d'irrigation est liée directement à l'augmentation des terres irrigables, en effet, en projetant une augmentation de 810 ha toute les cinq années avenir avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de 6500 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent donc de 5 millions de m<sup>3</sup> en 2000 à 7,2 millions de m<sup>3</sup>, pour atteindre un volume de 36,75 millions de m<sup>3</sup> en 2030.

Tableau.34. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf (2000-2030)

Année	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Superficie irriguée (ha)	1310	1600	2410	3220	4030	4840	5654
Besoins en eau (Hm <sup>3</sup> )	5,00	7,20	15,66	20,93	26,19	31,46	36,75

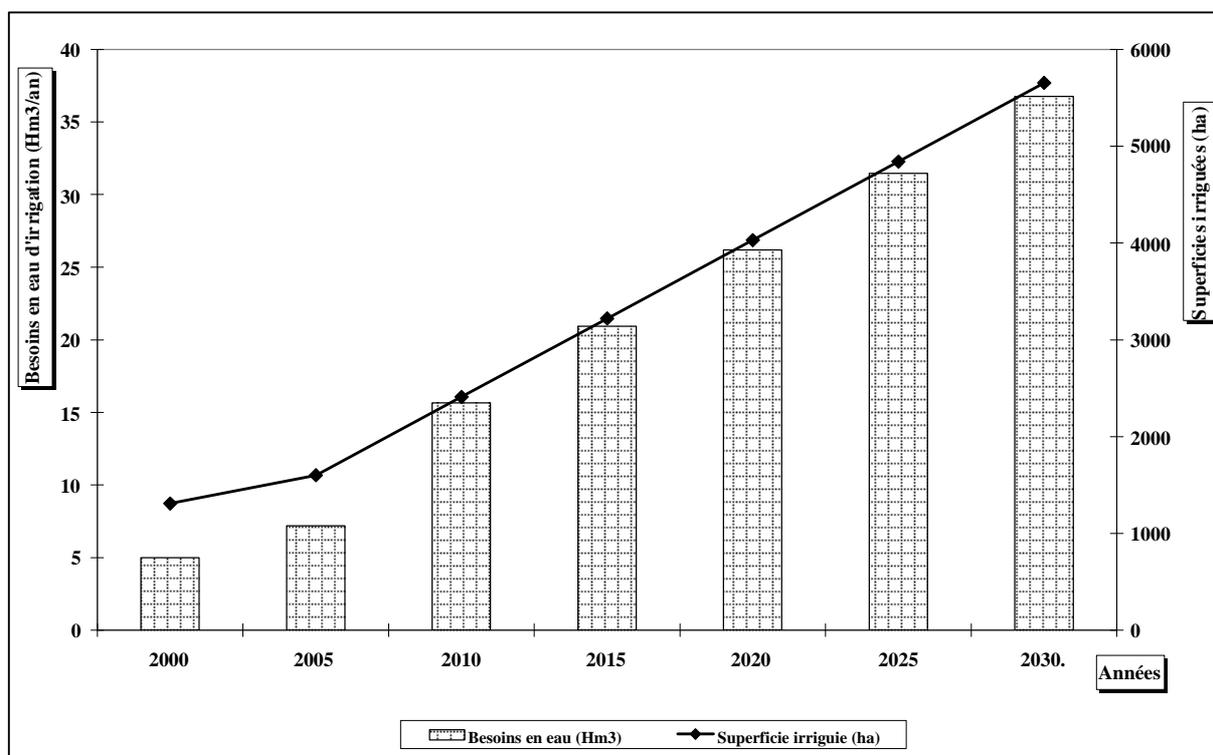


Figure.47. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf (2000-2030).

## Conclusion

En se basant sur les données recueillies de l'ONID et de la DSA de Skikda, les besoins en eau d'irrigation dans le bassin du Saf-Saf sont de l'ordre de 36,75 millions de m<sup>3</sup> par an pour les quatre secteurs du périmètre. Cependant, seuls les deux secteurs III et IV sont actuellement opérationnels, en consommant un volume de 25 millions de m<sup>3</sup> par an.

Les deux secteurs restent non opérationnels en raison de manque d'eau, un déficit qui sera compensé dans les années à venir à partir des eaux du barrage de Zit el Emba et la nouvelle station d'épuration.

## III. L'alimentation en eau industrielle (AEI)

Dans le bassin du Saf-Saf pour ce qui concerne les industries, à part quelques cas isolés, l'essentiel de l'activité industrielle est concentré en aval du bassin (ville de Skikda).

Le secteur industriel est donc le troisième consommateur d'eau après l'irrigation (AEA) et la consommation domestique (AEP).

Actuellement, les besoins exprimés par ces unités industrielles s'élèvent à plus de 27 000 m<sup>3</sup> par jour, soit près de 10 millions de m<sup>3</sup> par an. Dont plus de 90 % des ces besoins concernent seulement la zone industrielle pétrochimique de Skikda.

### III.1. Les ressources en eau pour l'industrie

Les ressources en eau approvisionnent les unités industrielles implantées dans le bassin proviennent essentiellement des barrages de Zardézas et de Guénitra, ainsi que des forages, des puits, des prises d'eau des oueds, du dessalement de l'eau de mer et une grande quantité de l'eau de mer.

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

#### III.1.1. L'industrie pétrochimique

La zone industrielle pétrochimique de Skikda située en aval du bassin du Saf-Saf est le grand consommateur d'eau industrielle dans le bassin, elle consomme à elle seule un volume de 19 000 m<sup>3</sup> par jour, soit près de 7 millions de m<sup>3</sup> par an, partagé sur ses différentes unités. Un volume qui est largement insuffisant pour satisfaire leur propre besoin. Donc le recours aux eaux de mer, de dessalement et de recyclage est la meilleure solution pour compenser ce déficit.

Tableau.35. Besoins et consommation en eau de la zone industrielle pétrochimique de Skikda (2006)

Unités	Type de produit	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /j)	Consommation (m <sup>3</sup> /j)	Eau recyclée (m <sup>3</sup> /j)	Eau rejetée (m <sup>3</sup> /j)
RA1/K	Raffinage des produits pétrochimiques	6000	7205	5043	2162
GL1/K	Liquéfaction du gaz naturel	700	622	435	187
CP1/K	Matières plastiques	2000	2530	1771	759
ENGI	Oxygène, azote et argon liquide	14420	7000	N.C	N.C
ENDG	Gaz industriel	1600	1320	924	396
POLYMED	Produits pétrochimiques	360	412	288	124
<b>Zone Industrielle</b>	<b>SONATRACH</b>	<b>25 080</b>	<b>19 089</b>	<b>8 461</b>	<b>3 628</b>

Source. DHW Skikda. 2006

### III.1.2. Les industries agro alimentaires et autres

A coté des industries lourdes en aval du bassin, nous signalons aussi l'existence de quelques unités de moins degré de consommation d'eau, pour lesquelles, les besoins en eau s'élèvent à 2250 m<sup>3</sup> par jour, soit 0,82 millions de m<sup>3</sup> par an.

Elles sont essentiellement, les industries agro alimentaires en amont (minoterie et semoulerie d'ERAD d'El Harrouch) et au centre du bassin (Conserverie ENAJUC de Ramdane Djamel). Ainsi que les autres industries de construction (ENAMARBRE) et de services en aval du bassin.

Tableau.36. Besoins et consommation en eau des unités industrielles agro alimentaire et autres dans le bassin du Saf-Saf

Partie du bassin	Unités	Type de produit	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /j)	Consommation (m <sup>3</sup> /j)
Aval	CTE	Electricité	783	688
	ENAMARBRE	Marbre	572	572
	EPS	Services	356	450
	ERIAD. H. Krouma	Minoterie de production des pâtes.	225	225
Centre	ENAJUC	Conserverie et agro alimentaire	66	66
Amont	ERIAD. El Harrouch	Minoterie et Semoulerie	252	252
<b>Industrie agro alimentaire et autres</b>			<b>2252</b>	<b>2253</b>

Source. DHW Skikda. 2006

### III.2. Les besoins futurs en eau industrielle

En effet, pour les années à venir, on peut faire une projection dans le temps des besoins en eau pour l'industrie, avec une augmentation de 10 % (d'après Ben Rabah 2006) des besoins actuels toutes les cinq années. On aboutira donc aux résultats mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau.37. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans le bassin du Saf-Saf (1998-2030)

Année	1998	2000	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
<b>AEI (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	8,38	8,77	9,78	9,98	10,77	11,77	12,77	13,77	14,77

Source. DPAT Skikda .2006

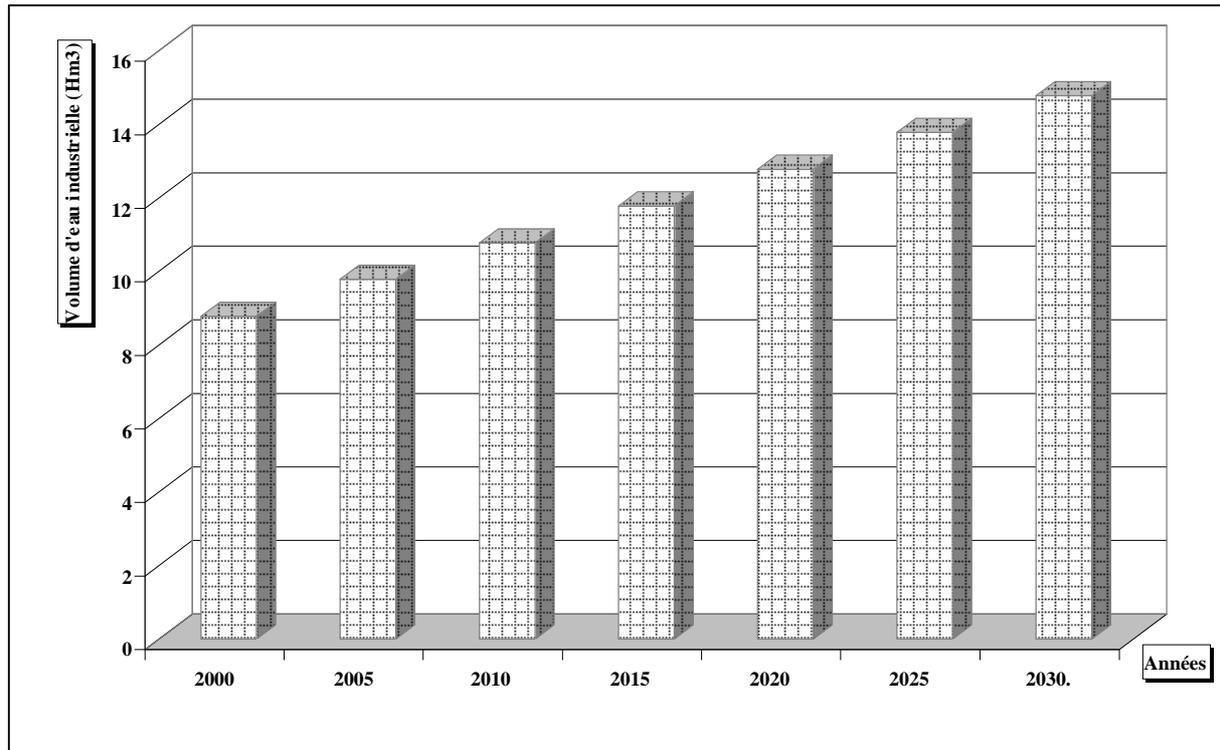


Figure.48. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans le bassin du Saf-Saf (2000-2030)

D'après le tableau et le graphe, on observe que les besoins en eau industrielle dans le bassin du Saf-Saf sont en augmentation continue, ils s'élèvent de 8,77 millions de  $m^3$  en l'an 2000 jusqu'au 9,98 millions de  $m^3$  en 2006 et ils peuvent franchir les 15 millions de  $m^3$  en l'an 2030 selon les projections.

### Conclusion

Le tissu industriel dans le bassin versant du Saf-Saf est concentré surtout dans sa partie aval, où se trouvent le grand consommateur d'eau industrielle, dont les besoins de la zone pétrochimique de Skikda s'élèvent à plus de 25 000  $m^3$  par jour, soit 9 millions de  $m^3$  par an, représentant 90 % des besoins globaux du bassin en eau industrielle. Le reste est divisé sur les autres petites unités industrielles à caractère agro alimentaire.

### IV. Les besoins en eaux globales dans le bassin du Saf-Saf

Les besoins en eau globaux pour les différents secteurs dans le bassin du Saf-Saf s'élèvent actuellement à près de 56,5 millions de  $m^3$  par an, dont 86 % sont des besoins domestiques et agricoles. Et selon les projections dans le temps, les besoins en globaux se situeront en l'an 2010 à près de 60 millions de  $m^3$  par an, et ils s'élèveront moyen terme (2020) à plus de 80 millions de  $m^3$  par an. Ces besoins atteindront à l'horizon 2030 les 105 millions de  $m^3$  par an, dont plus 50 % sont proprement des besoins en eau potable.

Tableau.38. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030)

Année Besoins	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>AEP (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	27,07	30,34	34,11	38,22	42,86	48,03	53,70
<b>AEA (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	5,00	7,20	15,66	20,93	26,19	31,46	36,75
<b>AEI (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	8,77	9,78	10,77	11,77	12,77	13,77	14,77
<b>Total des besoins</b>	<b>40,84</b>	<b>47,32</b>	<b>60,54</b>	<b>70,92</b>	<b>81,82</b>	<b>93,26</b>	<b>105,22</b>

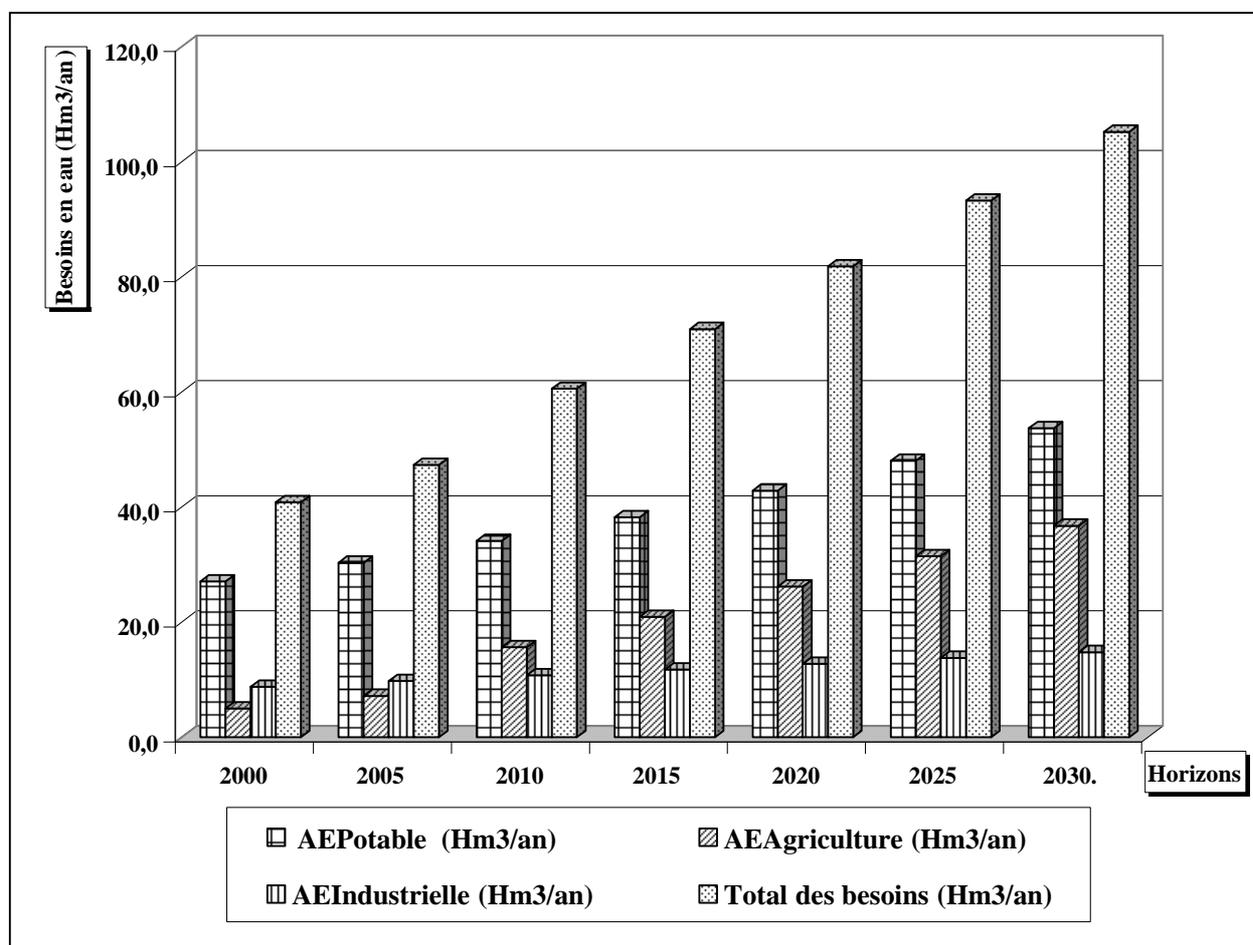


Figure.49. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030).

## Conclusion

Le bassin du Saf-Saf d'une superficie de 1158 Km<sup>2</sup>, couvre entièrement les Daira de Skikda, Ramdane Djamel et El Harrouch, et partiellement les Daira d'El Hadaeik et Sidi Mezghiche. la population du bassin atteint les 464 153 habitants (2006), dont plus de 246 milles habitants (soit un taux de 53 %.) sont localisés dans sa partie aval, Les besoins en eau dans le bassin sont estimés à près de 66.33 millions de m<sup>3</sup> par an

En matière d'approvisionnement en eau potable, Les dotations en eau présentées par habitant dans le bassin sont globalement bien inférieures à la moyenne nationale (150 l/j/hab), elles seraient en moyenne de l'ordre de (100 l/j/hab), mais elles sont très inégales suivant les régions, où dans le centre et l'aval du bassin les dotations dépassent les (110 l/j/hab). Cependant, pour l'amont elles n'atteignent pas les (70 l/j/hab), les besoins en eau vont s'augmenter donc à 31.13 millions de m<sup>3</sup>. Cependant, le volume réellement produit pour couvrir ces besoins en eau domestiques est de l'ordre de 24,25 millions de m<sup>3</sup> par an, soit un taux de satisfaction de près de 78 %.

Les besoins en eau d'irrigation dans le bassin du Saf-Saf sont de l'ordre de 36,75 millions de m<sup>3</sup> par an pour les quatre secteurs du périmètre. Cependant, seuls les deux secteurs III et IV sont actuellement opérationnels, en consommant un volume de 25 millions de m<sup>3</sup> par an. Les deux autres secteurs restent non opérationnels en raison de manque d'eau.

Le tissu industriel dans le bassin versant du Saf-Saf est concentré surtout dans sa partie aval, où se trouvent le grand consommateur d'eau industrielle, dont les besoins de la zone pétrochimique de Skikda s'élèvent à plus de 25 000 m<sup>3</sup> par jour, soit 9 millions de m<sup>3</sup> par an, représentant 90 % des besoins globaux du bassin en eau industrielle. Le reste est divisé sur les autres petites unités industrielles à caractère agro alimentaire.

# CHAPITRE : VI

# PLANIFICATION ET GESTION INTEGREE DES EAUX DANS LE BASSIN

---

## **Introduction**

En raison de la croissance démographique et des besoins en eau induits par le développement industriel et agricole, les ressources en eaux potentielles du bassin du Saf-Saf s'avèrent insuffisantes à l'horizon 2030, tandis que les coûts liés à leur mobilisation se feront de plus en plus lourds et les offices en place incapables de gérer rationnellement cette ressource.

Rappelons que les potentialités en eau renouvelables évaluées à 138 millions de m<sup>3</sup> par an, se réduisant en fait à seulement 47,5 millions de m<sup>3</sup> par an (34 %) en terme de ressources réellement mobilisables.

Compte tenu des limites techniques et économiques liées aux conditions de captage notamment, sur ces 47,5 millions de m<sup>3</sup> ressources mobilisables constituées pour l'essentiel d'eau de surface, le bassin du Saf-Saf ne sera en mesure de mobiliser actuellement que 34,99 millions de m<sup>3</sup> par an. Les aménagements de transfert d'eau à partir des bassins avoisinants (Guebli et Kébir Ouest) ont précisément pour objectif de compenser les écarts notables entre les ressources mobilisées et celles des demandes.

La tension sur la demande exercée concurremment par les secteurs de l'agriculture et de l'industrie, et plus fortement encore par la population en constant accroissement, sera de plus en plus fort, au point qu'il sera nécessaire de réguler la consommation par le prix.

## I. La tarification et le prix de l'eau

La tarification de l'eau est établie sur la base des barèmes qui tiennent compte des coûts de l'eau dans chaque zone tarifaire, de l'usage et des volumes consommés, ainsi que de la nature et de la qualité d'eau distribuée.

Le prix de l'eau est le quotient du coût total des dépenses "distribution" par le volume vendus. A noter l'écart existant entre ce volume vendu et le volume prélevé qui est dû :

- aux pertes sur le réseau de distribution,
- aux volumes non vendu (nettoyage des conduites, bouche incendies....)
- parfois aux volumes "gratuit" cédés aux bâtiments communaux.

Cet écart qui peut être très important, peut influencer le coût réel de l'eau.

En Algérie, la tarification de l'eau est définie par le décret n° 98 – 166 du 16 Mai 1998.

### I.1. La tarification de l'eau industrielle et domestique

La gestion de l'eau et sa tarification dans le bassin du Saf-Saf a été confiée à l'ADE<sup>(1)</sup> de la wilaya de Skikda. Les usagers de l'eau domestique et industrielle sont classés en quatre catégories comprenant:

- \* La catégorie I : les abonnés ménages,
- \* La catégorie II : les institutions, administrations, collectivités et établissements publics,
- \* La catégorie III : les commerçants,
- \* La catégorie IV : les industries et tourisimes.

Dont la tarification est à tranche unique pour les trois catégories II, III et IV. Elle est fixée à 34,65 DA/m<sup>3</sup> pour les catégories des administrations (II) et des commerçants (III). Cependant, pour la quatrième catégorie (Industries), le prix de l'eau est fixé à 40,95 DA/m<sup>3</sup>.

Donc le tarif de l'eau pour les trois catégories précédentes est considéré linéaire, sans distinguer la nature de consommation ou le volume d'eau consommée.

Tableau.39. Tarification de l'eau des différentes catégories d'usages dans le bassin du Saf-Saf

Catégorie d'usage	Consommateur	Tarification (DA/m <sup>3</sup> )
Catégorie I	Abonnés ménages	Par tranche
Catégorie II	Administrations	34,65
Catégorie III	Commerçants	34,65
Catégorie IV	Industries et Tourisimes	40,95

Source. ADE. Avril 2007

<sup>(1)</sup> : ADE: l'Algérienne Des Eaux.

Pour la première catégorie (abonnés ménages), le tarif de l'eau est proportionnel à la consommation, c'est-à-dire qu'il peut avoir des changements selon le volume consommé. Dont le prix pour la première tranche est fixé à 6,30 DA/m<sup>3</sup> pour un volume qui ne dépasse pas les 25 m<sup>3</sup> par trimestre, et il peut atteindre les 40,95 DA/m<sup>3</sup> pour quatrième tranche au-delà d'un volume trimestriel de 82 m<sup>3</sup>.

Ce processus de réduction de la demande en eau par la hausse des prix de consommation, qui a démarré les dix dernières années est censé conduire les citoyens à consommer avec modération ce "bien économique" au risque de payer le prix élevé, en réduisant le taux de gaspillage.

Tableau.40. Tarification par tranche de la catégorie des abonnés ménages.

Catégorie I	Tranches	Tarification (DA/m <sup>3</sup> )	Seuils (m <sup>3</sup> /trimestre)
Abonnés Ménages	1 <sup>ère</sup> tranche	6,30	1-25
	2 <sup>ème</sup> tranche	20,48	26-55
	3 <sup>ème</sup> tranche	34,65	56-82
	4 <sup>ème</sup> tranche	40,95	> 82

Source. ADE. Avril 2007

Ce système de tarification au volume vendu par tranche n'est possible si des compteurs sur les raccordements des abonnés sont installés et révélés.

Dans le bassin du Saf-Saf, le nombre d'abonnés possédants des compteurs n'atteint pas les 40 000 abonnés, soit un taux de 8 % de la totalité des habitants du bassin.

Tableau.41. Evaluation des nombres d'abonnés du bassin du Saf-Saf pour le 1<sup>er</sup> trimestre 2007

Daïra	Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III	Catégorie IV	Total
<b>Skikda</b>	25 599	95	1882	101	27 677
<b>El Harrouch</b>	4545	95	186	30	4856
<b>Sidi Mezghich</b>	3046	43	105	14	3208
<b>R. Djamel</b>	2145	50	125	9	2329
<b>DPT commerciaux</b>	3	283	2	50	338
<b>Total</b>	35 338	566	2300	204	<b>38 408</b>

Source. ADE. Avril 2007

## I.2. La tarification de l'eau d'irrigation

Le mode de paiement de l'eau d'irrigation dans le périmètre du Saf-Saf est semi forfaitaire administré, fixé cette année à 2 DA/m<sup>3</sup>. C'est une méthode purement théorique et ne peut pas donner le volume réellement utilisé par chaque agriculteur. Donc il y a des problèmes concernant de l'eau consommée, parce qu'une seule borne peut être utilisée par plusieurs irrigants. Pour cela, l'ONID a déterminé des volumes d'eau fixes, consommés selon chaque type de culture pratiquée dans un hectare sur des bases théoriques, c'est-à-dire quand l'agriculteur déclare son type de culture qu'il va pratiquer dans une superficie déterminée, la quantité d'eau utilisée sera estimée, en conséquence, le prix de l'eau sera calculer auparavant selon le tarif de l'eau.

Le paiement de ce montant par l'irrigant est facultatif, il peut être à 100 % au début de la campagne d'irrigation, soit il peut payer 50 % au début et le reste sera payé à la fin de la campagne d'irrigation.

## II. La confrontation "Besoins/ Ressources" en eaux dans le bassin du Saf-Saf

La confrontation entre les besoins et les ressources en eau a le sens d'une comparaison des données actuelles ou projetées, elle sert en principe à constater l'adéquation des ressources (elles sont significativement supérieures aux demandes), ou à révéler les problèmes posés par l'éventualité d'une pénurie d'eau plus ou moins long terme.

Le bassin du Saf-Saf d'une pluviométrie moyenne annuelle de 660 mm, présente le paradoxe d'être une région riche en eau, cependant, ces besoins en eau restent loin d'être satisfait.

Actuellement, les besoins en eau globaux dans le bassin du Saf-Saf s'élèvent à 66,33 millions de m<sup>3</sup> par an, partagés entre les trois secteurs usagers de l'eau. Dont les ressources en eau naturelles renouvelables sont estimées à 138,18 millions de m<sup>3</sup> par an (écoulement superficiel 107,73 millions de m<sup>3</sup> par an et nappes 30,45 millions de m<sup>3</sup> par an), soit un indice d'exploitation <sup>(1)</sup> de l'ordre de 48 %. Cet indice qui approche au 50 % n'indique pas nécessairement une pénurie présumable, si les demandes ne sont trop concentrées dans l'espace, car une grande partie de restitution peut être remobiliser, mais c'est une indication de nécessité de gestion de l'eau et de contrôle de qualité.

S'il est admis que l'offre ne présente pas un potentiel de croissance parallèle à celui de la demande, les situations de rareté de l'eau dans le bassin du Saf-Saf vont se multiplier dans les années à venir, surtout avec une population qui ne cesse à croître. Les ressources en eau actuellement mobilisées sont de l'ordre de 56,36 millions de m<sup>3</sup> par an, intégrant les apports d'eau provenant des bassins avoisinants, soit un indice de consommation <sup>(2)</sup> de l'ordre de 41 % (en 2006). Ce taux est bien un indicateur de risque de pénurie s'il approche de 100 %. Dès qu'il est supérieur à 50 %, on peut considérer en général qu'il y a présomption de risque de pénurie conjoncturelle plus ou moins localisée.

A court terme (2010), l'indice de consommation dans le bassin du Saf-Saf est de l'ordre de 43 %, il s'élève à l'horizon 2020 à 59 %. A long terme (2030), il peut atteindre 76 %, signalant un risque de pénurie, nécessitant une gestion rationnelle des ressources en eau dans le bassin.

---

<sup>(1)</sup> : Indice d'exploitation : Ratio entre la somme des prélèvements (demandes) et les ressources en eau naturelles renouvelables.

<sup>(2)</sup> : Indice de consommation : Ratio entre la somme des consommations et les ressources en eau naturelles renouvelables.

Tableau.42. Besoins en eau globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le bassin du Saf-Saf aux différents horizons (2000-2030)

Besoins \ Année	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Besoins Globaux</b>	40,84	47,32	60,54	70,92	81,82	93,26	105,22
<b>Indice de consommation (%)</b>	29,5	34,2	43,8	51,3	59,2	67,5	76,1

La transition majeure vers un équilibre durable entre ressources et demandes en eau est ici encore supposée être essentiellement reliée à la transition démographique (liée aux besoins en eau potable et aux besoins en eau d'irrigation par les objectifs de la sécurité alimentaire). Les auteurs proposent d'expliquer le phasage entre une gestion de la ressource en eau axée sur l'augmentation de l'offre, tant que cela est possible dans les limites des ressources naturelles, et une deuxième phase de gestion de la demande en eau, tâchant d'infléchir (de baisser) la courbe de croissance de la demande lorsque la mobilisation des ressources supplémentaires est trop coûteuse.

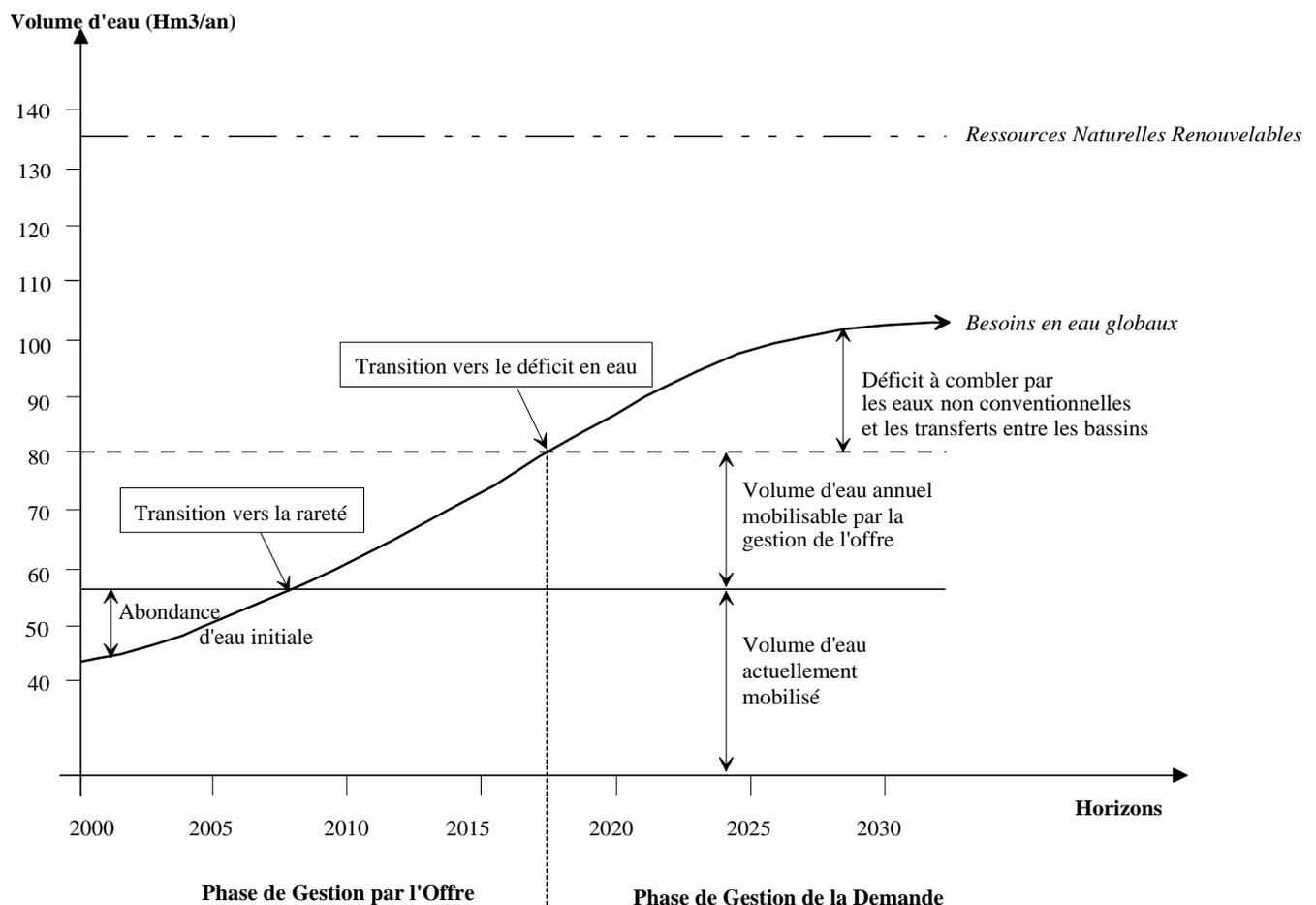


Fig.50. Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans le bassin du Saf-Saf : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées. (D'après S. Treyer, 2005 Modifiée).

Avec des ressources en eau évaluées à plus de 200 millions de m<sup>3</sup> par an pour une population de l'ordre de 460 milles d'habitants, la disponibilité en eau dans le bassin du Saf-Saf est estimée à 448 m<sup>3</sup> par habitant et par an (la moyenne nationale est de 500 m<sup>3</sup>/ hab/an). Le bassin est passé alors à un état de stress hydrique, après avoir été depuis quelques dizaines d'années dans un contexte hydrique excédentaire.

Le capital en eau naturelle renouvelable dans le bassin est de 138 millions de m<sup>3</sup> par an, cependant, seulement un volume maximal de 80 millions de m<sup>3</sup> par an peut être mobilisé du point de vue technique et financier. Aujourd'hui, on est dans cette situation de crise, avec un taux de stress hydrique <sup>(1)</sup> de l'ordre de 27 %, un seuil qui est considéré critique.

On est donc dans la transition vers la rareté de l'eau, où les besoins en eau débutent à dépasser les ressources actuellement mobilisées, nécessitant une révision urgente de la politique hydraulique existante, et des efforts de mobilisations et d'investissement, par la réalisation des infrastructures hydrauliques (barrages, retenues, forages, sources aménagées...). La stratégie de la petite hydraulique basée sur la réalisation des retenues collinaires de moindres charges financières, parait la plus adéquate, vu la géomorphologie du bassin du Saf-Saf. Le recours au transfert d'eau à partir des bassins avoisinants excédentaires (Guebli et Kébir Ouest) est également un moyen de mobilisation des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf.

Avec le temps, la pression sur la ressource en eau devrait de plus en plus très forte, le bassin va passer donc à l'horizon 2020 (moyen terme) à une transition vers le déficit en eau, signalant le passage à la deuxième phase, celle de la gestion de la demande en eau. Elle est basée essentiellement sur l'optimisation de l'utilisation de la ressource. Notamment, par les efforts de réduction des pertes dans les réseaux de distribution, le changement des technologies d'usage de l'eau en irrigation, en utilisant des systèmes plus économes de l'eau, où on estime un rendement sur champs est jusqu'à 20 % plus élevé avec la goutte à goutte qu'avec l'aspersion.

La tarification est également un instrument pour la gestion de la demande, elle consiste en premier lieu à inciter le consommateur à limiter ses besoins au strict minimum, et à éviter le gaspillage d'une ressource très limitée. Ce qui se fait bien sûr à travers une sensibilisation de l'utilisateur, pour avoir une idée sur le coût réel du service et de la rareté de la ressource. C'est à travers elle qu'on incite l'industriel à rechercher les procédés qui ne consomment pas beaucoup d'eau, et à développer les possibilités de recyclage des eaux usées urbaines et industrielles.

Outre, il est admis qu'une politique d'éducation et de sensibilisation des citoyens aux problèmes de rareté de l'eau, est une composante essentielle de toute politique rationnelle de gestion des ressources en eau. Ces actions d'éducation et de sensibilisation pourraient prendre plusieurs formes, allant des campagnes de sensibilisation ponctuelles relayées par les médias, jusqu'à des véritables sessions de plusieurs jours permettant d'apporter une véritable culture d'économie de l'eau.

---

<sup>(1)</sup> : Stress hydrique: Ratio entre le volume des prélèvements et le volume d'eau disponible.

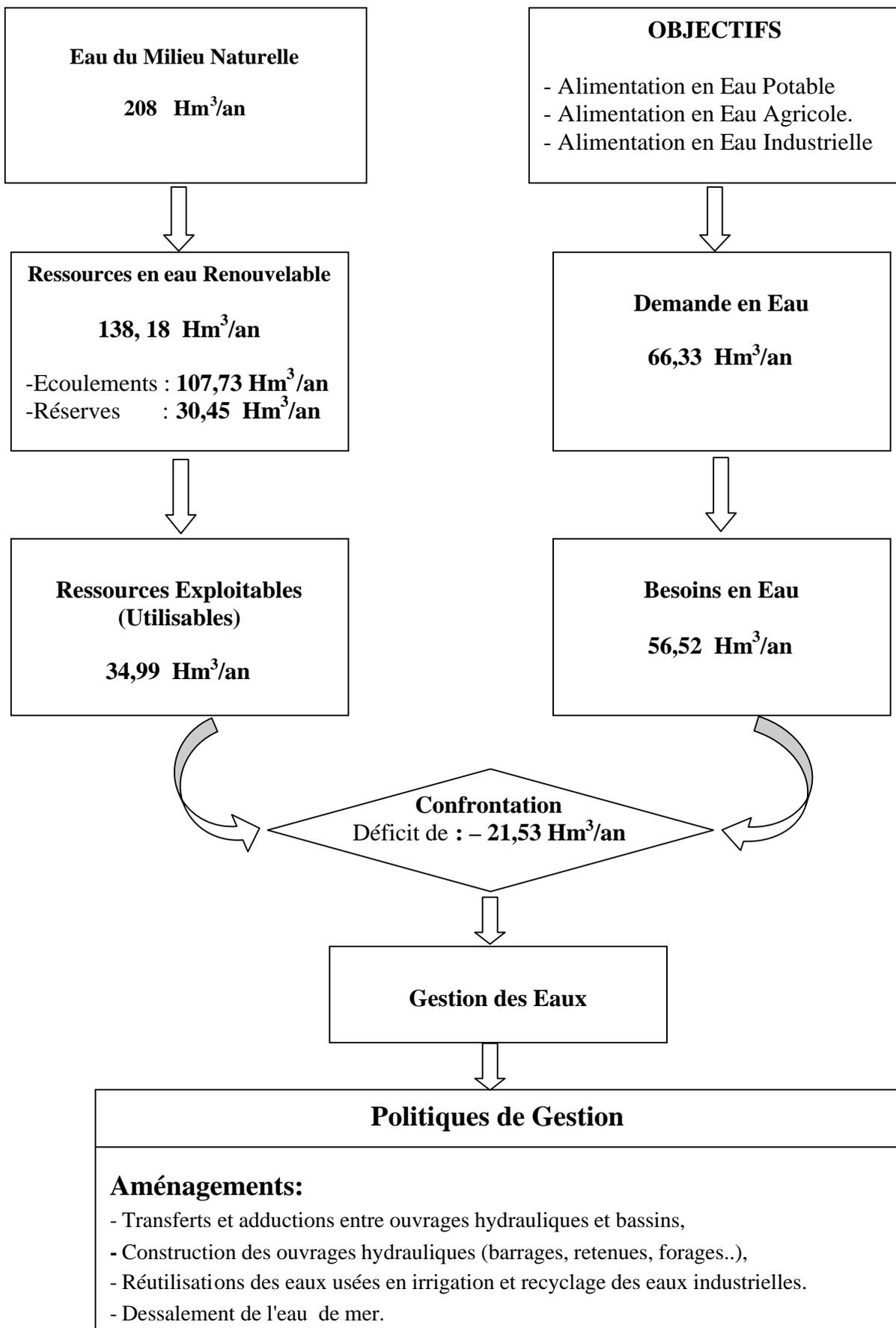


Figure.51. Schéma récapitulatif de la confrontation "Besoins/Ressources" en eau dans le bassin du Saf-Saf

### III. Facteurs influençant la gestion des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

La politique du bassin quant aux ressources en eau, reste le préalable indispensable à toute démarche de GIRE. Celle-ci doit être bâtie sur une évaluation de toutes les composantes ayant attrait au bassin (milieu naturel et ressources en eau, évaluation sectorielle des différents usages, etc.). Sur la base de cette évaluation globale sont ensuite émis différents objectifs en relations avec les enjeux du bassin (écosystèmes, activités économiques, inondations, etc.).

Les ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf sont subies aux plusieurs pressions, exercées par les besoins croissants des différents usagers, ces besoins sont traduits sous formes de pollutions rejetées (zone industrielle pétrochimique de Skikda, rejets domestiques des agglomérations dans l'oued Saf-Saf, etc.). La situation est aggravée aussi par l'influence des aléas climatiques (périodes de sécheresse, pénuries).

Ces différentes pressions amènent à un état instable des ressources en eau, traduits par une rareté de l'eau, accompagnée d'une diminution des ouvrages hydrauliques de captages (envasement du barrage de Zardézas et de plusieurs retenues collinaires, plusieurs forages sont abandonnés dans la plaine du Saf-Saf). En plus, il y a les risques quantitatifs des eaux (inondations de la ville de Skikda en aval du bassin par l'oued Zeramna).

Une situation qui nécessite une réaction et une réponse de certaines catégories de la société (usagers, décideurs, gestionnaire, etc.), pour résoudre ou au moins réduire ces problèmes, par la mise en œuvre d'une nouvelle stratégie basée sur la gestion à la demande en eau, et l'incitation des usagers à l'économie de l'eau par les différents instruments de régulations (financement, tarification). Et aussi de prendre des mesures de protection contre les inondations.

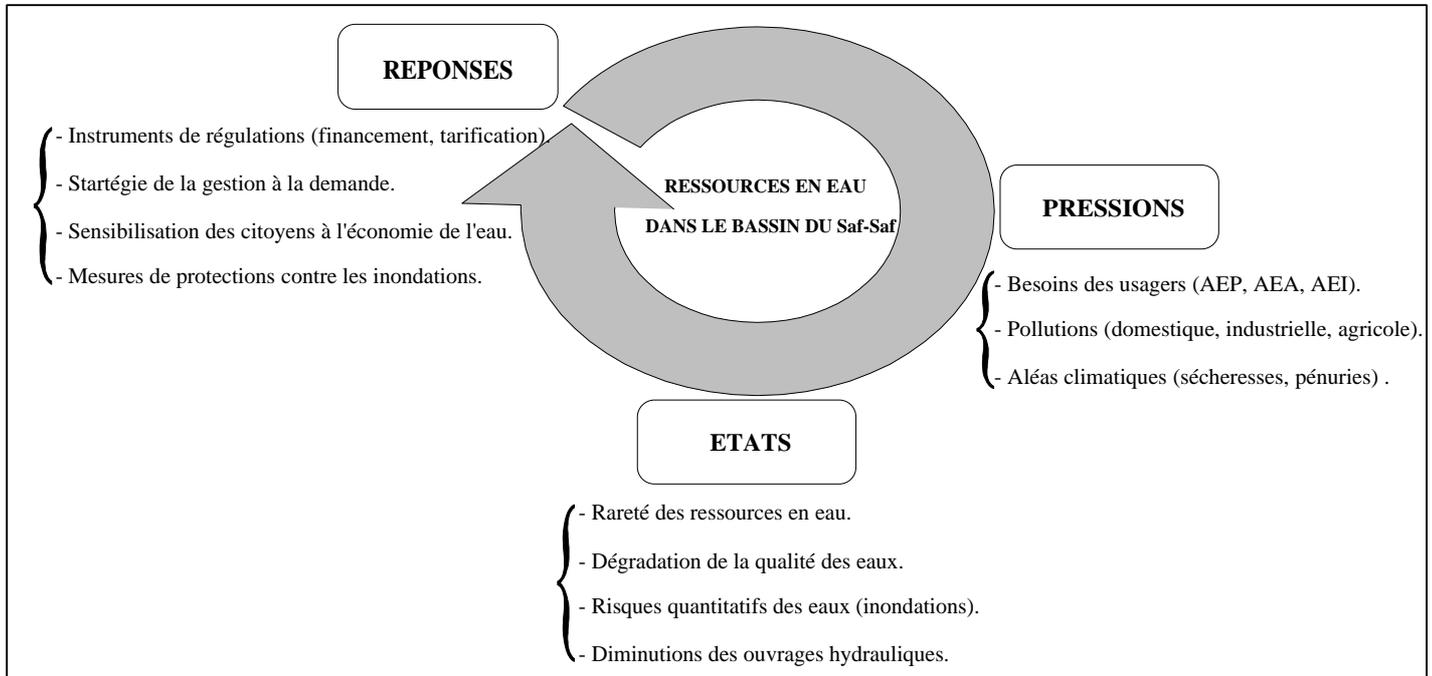


Figure.52. Facteurs influençant les ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf

La GIRE dans le bassin du Saf-Saf s'articulant donc autour d'une politique spécifique au bassin et ses enjeux, en y réunissant les différents acteurs, en prenant en compte des aspects socio-économiques (activités humaines) et environnementaux. Elles sont issues du développement démographique et économique, et se traduisent sous formes de pollutions rejetées ou de consommations excessives des ressources. Enfin, la réponse réside dans les actions mises en œuvres par la société et les pouvoirs publics pour résoudre ou réduire ces problèmes.

#### **IV. Les contraintes et les défis à relever par la gestion intégrée des eaux dans le bassin du Saf-Saf**

Pour mettre en œuvre une politique de développement des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf, il y a lieu de palier l'ensemble des contraintes de la disponibilité de l'eau. A cet effet, les principaux défis à relever dans le futur pour garantir un développement durable et intégré des ressources en eau, et de satisfaire la demande future dans les prochaines décennies sont les suivants:

- Assurer un approvisionnement en eau potable en quantité suffisante et en qualité satisfaisante aux moindres coûts;
- Assurer la sécurité de la population et réduire les dommages causés par les inondations;
- Assurer la conservation et la restauration des écosystèmes aquatiques et le milieu naturel;
- Gestion des données et amélioration des connaissances dans le secteur de l'eau.

##### **IV.1. Assurer un approvisionnement en eau potable en quantité suffisante et en qualité satisfaisante aux moindres coûts**

Une maîtrise des eaux plus complète passera souvent par une gestion plus intégrée des eaux superficielles et souterraines, et une planification des ressources en eau vise à mettre en cohérence les options majeures de l'ensemble des secteurs connexes (eau potable, irrigation, industrie, épuration des eaux usées domestiques et industrielles....).

Les sources d'approvisionnement en eau potable dans le bassin du Saf-Saf, pour répondre aux besoins de près de 460 milles habitants, restent très limités avec un seul barrage (celui de Zardézas), et quelques forages captant les eaux de la nappe alluviale du Saf-Saf. Le manque d'eau est compensé par les eaux des bassins avoisinants excédentaires à partir des barrages de Guénitra et Zit el Emba.

L'eau prélevée à des fins agricoles est utilisée principalement à l'irrigation du périmètre du Saf-Saf. L'eau de surface constitue, à quelques exceptions près, la seule source d'approvisionnement en eau agricole (barrage de Zardézas et Guénitra). D'ailleurs, seulement deux secteurs du périmètre irrigué sont actuellement en exploitation, les deux autres restent non opérationnels à cause de l'insuffisance d'eau.

L'industrie ne fait pas exception, elle est alimentée en eau à partir des deux barrages, quelques forages sont également implantés au sein des unités industrielles. Cependant, les pénuries d'eau fréquentes surtout en périodes estivales, ont imposé aux industriels le recours au recyclage des eaux.

La combinaison des différents types et ordres de grandeurs des ressources en eau et des différents degrés de tensions présents entre demandes et ressources détermine une géographie de problèmes et de conflits assez contrastée. Ces problèmes résident principalement aux conflits d'usages, entre les collectivités de l'amont et de l'aval. C'est souvent en amont que se

situent les aménagements hydrauliques (barrage de Zardézas en amont du bassin du Saf-Saf), mais c'est en aval (ville de Skikda) qu'on utilise l'eau.

Au conflits d'usages proprement dit, s'ajoutent les tensions entre usagers de l'eau, qui prennent parfois la forme de concurrence entre les objectifs de sécurité d'approvisionnement en eau, notamment en qualité, et les objectifs de développement socio-économique, la raréfaction des disponibilités en eau rend mal compatible. A cet égard, il est donc nécessaire de poursuivre les efforts de mobilisation des ressources en eau, et les efforts d'investissements et d'équipement en ouvrages de captage.

A coté de ces grands équipements, la petite hydraulique peut encore contribuer largement à amplifier la maîtrise des eaux.

Les transferts d'eau à longues distances, dont les techniques sont parfaitement maîtrisées, sont engagés dans le bassin du Saf-Saf, avec des transferts d'eau des barrages de Guénitra et Zit el Emba vers la ville de Skikda et sa zone industrielle.

Outre, le recours aux eaux non conventionnelles (dessalement de l'eau de mer et régénération des eaux usées domestiques et industrielles) est une alternative incontournable dans le bassin du Saf-Saf, surtout pour alimenter le secteur industriel et agricole.

Enfin, la mise en œuvre des économies d'eau par les usagers doit être encouragée par la conjugaison à bon escient (connaissance) des assistances techniques, des incitations financières (mesures tarifaires) et des efforts d'éducation et d'informations.

#### **IV.2. Assurer la sécurité de la population et réduire les dommages causés par les inondations**

La nature des régimes hydrologiques et le contexte géomorphologique font que les inondations notamment en milieu urbain, pose une problématique majeure dans le bassin du Saf-Saf. Des dégâts considérables à l'habitat, aux infrastructures de base et à la production agricole ont été constatés en aval du bassin (ville de Skikda). Des dégâts importants ont également enregistrés par des cours d'eau (villes de Ramdane Djamel et Salah Bouchaour).

Cette problématique est amplifiée par l'urbanisation anarchique et non contrôlée, entraînant l'imperméabilisation des grandes proportions du bassin. Ainsi qu'une réduction de la capacité d'écoulement des oueds par le dépôts d'objets encombrants.

La basse ville de Skikda s'étend sur des terrains mitoyens au lit de l'oued Zeramna. Egalement, sa zone industrielle a été implantée et développée tout près de l'oued Saf-Saf. Et en raison de leurs faibles pentes et leur proximité aux oueds, ces zones sont les plus exposées aux inondations lors des crues importantes (telle la crue de Décembre 1984).

Une cartographie des zones vulnérables aux inondations est donc une tache primordiale dans la lutte contre ces événements extrêmes. Des mesures de prévention et de protection contre les crues ont été également proposées pour chacun des sites, par la construction des barrages et de retenues d'écroulement (le barrage en projet de l'oued Charchar dans la commune de Bouchtata, doté d'un double objectif, il est destiné à servir comme un moyen de protection de la ville de Skikda exclusivement contre les inondations, et l'alimentation en eau de la région).

Aussi, les endiguements dans les zones exposées aux crues de faibles occurrences, la construction des canaux de déviations des cours d'eau et la restructuration des réseaux d'écoulement.

En plus, le renforcement des systèmes de prévisions et d'annonces de crues par la multiplication des stations de mesures hydrométriques, et la proposition des schémas et des plans d'aménagement de prévention des risques d'inondations (P.P.R.I)<sup>(1)</sup>.

Ces mesures prises par les autorités doivent nécessairement être complétés par les initiatives individuelles, par une attitude responsable et consciente des citoyens.

#### **IV.3. Assurer la conservation et la restauration des écosystèmes aquatiques et le milieu naturel**

Les problèmes posés par la pollution de l'eau sont de nature récente et ont accompagné le développement urbain, industriel et agricole dans le bassin. Cependant, les programmes de protection et de conservation de la qualité de l'eau n'ont pas suivi le rythme de mobilisation des ressources en eau, et accusent actuellement un important retard.

La qualité de l'eau dans le bassin du Saf-Saf se dégrade au fur et à mesure que les pressions exercées par les activités socio-économiques s'intensifient.

Les grandes agglomérations dans le bassin, avec une population qui dépasse les 460 milles habitants, génèrent une importante charge polluante. Ses rejets sont déversés directement dans l'oued Saf-Saf ou l'un de ses affluents. Ils présentent donc un risque majeur pour la qualité des eaux de surface. De même, les rejets industriels sont déversés soit dans les réseaux d'assainissement, soit directement dans le milieu naturel sans aucun traitement préalable.

La situation nécessite donc une stratégie urgente pour arriver le plutôt possible à épurer l'ensemble des rejets liquides et solides avant émission dans le milieu récepteur. Il faut Aussi, instaurer et promouvoir des mécanismes permettant de développer la prévention de la pollution industrielle et agricole en adoptant les technologies récentes. L'application du principe " Pollueur- Payeur " est également un instrument pour lutter contre la pollution. Et finalement, il faut développer un observatoire de suivi et de contrôle de la qualité des eaux à travers le bassin.

#### **IV.4. Gestion des données et amélioration des connaissances dans le secteur de l'eau**

La gestion des ressources en eau dans un bassin versant implique une connaissance aussi parfaite que possible de la ressource et sa variabilité dans le temps et dans l'espace, ainsi qu'une évaluation de la partie mobilisable de ces ressources est devient impératif. Parce que rien ne pourrait être fait sans que le gestionnaire possède de données sûres et fiables ;

- pour la connaissance de la ressource en quantité et en qualité;
- pour les besoins des divers usagers de l'eau;
- pour les contraintes qu'impose l'activité économique avec les prélèvements et les rejets.

Les données occupent donc une position stratégique vis-à-vis de la mise en œuvre d'une politique d'aménagement des eaux. L'amélioration de l'acquisition de données se fait par le renforcement des réseaux de mesures et de surveillance (stations pluviométriques, de jaugeage, piézomètres et le suivi de la qualité des eaux...).

Egalement, l'élaboration d'une banque de données relatives à l'eau, permettant une grande activité scientifique et technique, pour lancer les programmes de recherches appliquées dans le domaine de la maîtrise des ressources en eau.

---

<sup>(1)</sup> : P.P.R.I : Plan de Prévention de Risque d'Inondations.

**Conclusion**

Le bilan de la gestion des ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf est globalement négatif, où le secteur de l'eau potable en milieu rural n'a pas connu un développement aussi important que celui en milieu urbain. L'agriculture souffre également des problèmes de manque d'eau; plus que la moitié du périmètre reste encore non opérationnelle (secteur de Skikda et de Salah Bouchaour). En plus, les responsables de la gestion de l'eau plaçant la disponibilité de l'eau pour les besoins d'alimentation en première priorité, n'avaient pas donné suffisamment d'importance à la préservation des écosystèmes dans leurs actions de développement des ressources en eau.

En revanche, la stratégie de gestion des ressources en eau basée essentiellement sur la gestion de l'offre, ne peut pas à elle seule, assurer la satisfaction des besoins des différents usagers de l'eau dans le bassin à moyen et long terme d'une manière durable.

Dans cette optique, seule une nouvelle stratégie, consiste à intégrer la gestion de l'eau dans la politique économique et environnementale, susceptible de prévenir les impacts négatifs éventuels. Cette gestion intégrée des ressources en eau devrait être appréhendée en terme de maîtrise des instruments de régulation (tarification et financement), d'amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, de réduction des pertes en eau dans les réseaux de distribution, de développement de la recherche scientifique dans le domaine de la maîtrise des ressources en eau et entreprendre des vastes programmes d'informations et de sensibilisation des citoyens.

# CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Le travail réalisé porte sur les aspects quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau, ainsi que sa gestion intégrée dans un bassin qui est complètement paradoxale.

Le bassin versant du Saf-Saf couvrant une superficie de 1158 Km<sup>2</sup>, fait partie du grand bassin côtier Constantinois. Il est situé au Nord-Est algérien, drainé principalement par l'oued Saf-Saf et ses affluents.

L'analyse morphométrique fait ressortir un bassin allongé de relief qualifié très fort, avec un chevelu hydrographique dense ( $Dd = 2,24 \text{ Km/Km}^2$ ), aboutissant à une rapide mobilisation des eaux de surface.

L'étude géologique permet de mettre en évidence un empilement de nappes de charriage du Nord vers le Sud; le Socle Kabyle, la série des flyschs, la série des grés numidiens et la nappe néritique de Constantinois. Le bassin est limité donc au Sud par des formations purement sédimentaires. Quant aux formations cristallophylliennes, elles le limitent à l'Ouest par le massif de Collo et au Nord-Est par djebel Filfila et djebel El Alia. Les formations alluvionnaires côtoient l'oued Saf-Saf dans toute sa trajectoire.

Du point de vue climatique, il s'agit d'un bassin à climat méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes, un été chaud et sec et un hiver froid et humide. Le calcul du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite pour une période de 36 ans (1970-2006), montre qu'à partir d'une précipitation de 660 mm, seulement 12 % s'infiltrent vers les nappes, le reste partant sous forme d'évapotranspiration (70 %) et de ruissellement (18 %).

L'étude des caractéristiques hydrologiques, a permis de retenir que l'irrégularité temporelle (annuelle et mensuelle) est le caractère capital de l'écoulement superficiel dans le bassin du Saf-Saf, avec un module interannuel de l'ordre de 0,95 m<sup>3</sup>/s.

L'étude hydrogéologique menée dans le bassin a pu nous montrer l'existence de trois types d'aquifères, le premier est superficiel poreux, avec des formations du Quaternaire (basse vallée du Saf-Saf). Un autre sous jacent profond, constitué de grés numidien. Le dernier est un aquifère karstique, constitué de formations calcaires, qui affleurent au djebel El Ghédir, Kef M'souna et Kef Sebgoud.

La péizométrie de la nappe superficielle (Mai 2005), montre un écoulement qui converge des bordures du bassin vers l'oued Saf-Saf, puis il prend une direction Sud-Nord, témoignant une alimentation de l'oued par les eaux de la nappe superficielle.

En matière de potentialités hydriques, les ressources en eau totales reconnues dans le bassin du Saf-Saf sont estimées à 56 Hm<sup>3</sup>/an, mais seulement un volume de 47,5 Hm<sup>3</sup> est réellement mobilisé, dont les eaux de surface représentent plus de 60 % des ressources mobilisées.

Le diagnostic de l'état de la qualité des eaux, montre que dans l'ensemble, les cours d'eau présentent un état de qualité assez bonne sur la majeure partie de leurs parcours, à l'exception des tronçons situés en aval des rejets urbains et industriels.

Les eaux souterraines ont une composition chimique liée étroitement aux terrains qui les contiennent, avec des eaux sulfatées calciques en amont du bassin, cependant l'aval est caractérisé principalement par des eaux chlorurées sodiques

La carte de la vulnérabilité du bassin établie par la méthode DRASTIC (H.Chaffai et al. 2006) fait ressortir trois horizons à vulnérabilités différentes, où la majeure partie du terrain est caractérisée par une vulnérabilité moyenne, cependant les zones de fortes vulnérabilité sont situées autour de la ville de Skikda ainsi que sa zone industrielle.

Concernant l'affectation des ressources en eau dans le bassin, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins domestiques avec un taux de 44 %. Toute fois, cette dominance est due aux besoins des populations qui ne cessent à croître. L'irrigation tient une place prépondérante dans les prélèvements d'eau (42 %), par son vaste périmètre irrigué. L'industrie ne bénéficie que de 14 % des ressources mobilisées pour couvrir ses besoins en eau.

La tension sur la demande exercée concurremment par les secteurs de l'agriculture et de l'industrie, et plus fortement encore par la population en constant accroissement sera de plus en plus forte, ainsi que par les différents types de pollutions menaçant le bassin, ont généré une très forte pression sur les ressources en eaux dans le bassin.

Dans ce contexte délicat, seule une nouvelle stratégie, consiste à intégrer la gestion de l'eau dans la politique économique et environnementale, susceptible de prévenir les impacts négatifs éventuels. Cette gestion intégrée des ressources en eau devrait être appréhendée en terme de maîtrise des instruments de régulation (tarification), d'optimisation de l'utilisation de la ressource par la mise en œuvre d'une gestion de la demande, de développement de la recherche scientifique dans le secteur de l'eau et entreprendre de vastes programmes d'informations et de sensibilisations des usagers à l'économie de l'eau.

Cependant, des efforts restent à faire dans le domaine de la protection quantitative et qualitative des ces ressources en eau, les recommandations suivantes sont proposer pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans le bassin du Saf-Saf:

- Maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (barrages, retenues, forages, etc.) et la préservation des infrastructures hydrauliques déjà existants.
- Mettre en place les conditions institutionnelles et les outils nécessaires pour une gestion intégrée des ressources en eau.
- Développer la connaissance dans le domaine de la prévision hydrométéorologique, de suivi et de contrôle des ressources en eau.
- L'amélioration du réseau d'observation hydrométrique par l'implantation des stations de jaugeage et des stations pluviométriques.
- Le suivi systématique de la piézométrie permet d'avoir une convergence numérique des ressources en eau souterraines disponibles.
- Le maîtrise et l'atténuation des impacts négatifs de la pollution sur le potentiel des ressources en eau par la surveillance permanente de la qualité des eaux.

- Eviter le déversement direct des rejets urbains et industriels dans l'oued Saf-Saf et ses affluents sans traitement préalable.
- Installation de stations d'épuration pour le traitement des eaux usées urbaines et industrielles.
- Proposition des périmètres de protection autour des sources potentielles d'approvisionnement en eau.
- Prendre des mesures de prévention et de protection contre les crues par la construction des barrages et de retenues d'écêtement.

Enfin, nous espérons que cette étude que nous avons menée au niveau du bassin versant du Saf-Saf a apporté un certain nombre d'informations et de précision, qui pourront orienter de futurs travaux dans le domaine de la maîtrise et de la gestion des ressources en eau dans un contexte du développement durable.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

- **Amrani Leila, Seghirou Djahida (1998)** : Etude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Saf-Saf. Wilaya de Skikda. Mémoire d'Ingénieur, Université de Constantine. (125 p).
- **Annie Erhard-Cassegrain, Jean Margat (1979)** : L'eau, première matière ; Ressources, utilisations, besoins et demandes, coût et prix, prélèvements et consommations. Edition BRGM. Orléans. Cedex
- **Annie Erhard-Cassegrain, Jean Margat (1983)** : Introduction à l'économie générale de l'eau. Edition Masson. Paris (361 p).
- **Aoun. S. (2003)** : Hydrochimie des eaux souterraines de zone industrielle de Skikda, explication de l'origine de la minéralisation. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (82 p).
- **Bakir. H. A. (2001)** : Sustainable waste water management for small communities in the Middle East and North Africa. Journal of Environmental Management. 61, p 319-328.
- **Belkhiri Lazhar (2005)** : Etude hydrogéologique et problèmes de la qualité des eaux souterraines de la plaine de Aïn-Azel -Wilaya de Sétif- (Est Algérien). Thèse de Magister. Université de Batna (168 p ).
- **Ben Rabah Samia (2006)** : Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (Essai de synthèse): Bilan-Gestion-Perspective. Mémoire de Magister, Université Annaba (150 p).
- **Ben Redjem. R, Boularoug. W. (2006)** : Hydrogéologie et hydrochimie de la zone industrielle – wilaya de Skikda - . Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (109 p)
- **B.N.E.D.E.R. (2005)** : Etude d'inventaire et d'évaluation des ressources en eau souterraines dans le bassin versant de l'oued Saf-Saf (amont). Phase 1, Phase 3.
- **Bouchtata. M, Hafs. N (1999)** : Exploitation et Gestion des eaux dans la Wilaya de Guelma (essai de synthèse). Mémoire d'Ingénieur. Université Annaba.(107 p).
- **Boukhedcha Nour-Edine (2002)** : Contribution à l'étude hydrologique de la vallée du Saf-Saf. Thèse de Magister. Université de Constantine.
- **Boulghobra Nouar. (2006)** : Protection de la Ville de Skikda contre l'inondation – Essai de P.P.R.I- . Mémoire de Magister. Université de Batna (179 p).
- **Bourouh Houda (2002)** : Etude hydrogéologique et pollution des eaux du bassin versant de l'oued Saf-Saf Wilaya de Skikda. Mémoire d'Ingénieur, Université de Constantine.(261 p).
- **Bourourou. N. (2006)** : Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'oued Saf-Saf aval - wilaya de Skikda-. Mémoire d'Ingénieur. Université de Constantine (115 p).
- **Bousnoubra. H (2002)** : Les ressources en eau des régions ; Skikda, Annaba, El Tarf, Guelma, Souk Ahras (Nord Est Algérien). Evaluation, gestion et perspectives, vulnérabilité et protection. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Annaba. (159 p).
- **Chaffai. H, Laouar. R, Djabri. L et Hani. A. (2006)** : Etude de la vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Skikda ; Application de la méthode DRASTIC. Bulletin du Service Géologique National. Vol.17.n°1, pp 63-74.

- **Cherf. A. K, Younsi. H. E. (2005)** : Contribution à l'étude hydrogéologique de l'aquifère côtier de la plaine de Skikda. Mémoire d'Ingénieur. Université de Constantine. (84 p).
- **Daussert. J. (1998)** : L'eau, l'aménagement du territoire et le développement durable. La Houille Blanche, N° 2.
- **Fellah. R. (1998)** : Bilan et perspectives de gestions des ressources en eau dans le bassin versant de la Mafragh (Extrême Nord-Est Algérien). Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (60 p).
- **Ferrah Yassine. (2007)** : Aspects quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau des bassins versants de l'Est algérien. Mémoire de Magister. Université de Annaba. (91 p).
- **Francesco. R.K, Francesca. T, Stefano. C. (2001)** : An integrated model for water resources management at basin level. Scientific Assembly at Maastrich. The Netherlands. IAHS. Publ N° 268.
- **Friane. F. (2000)** : Ressources et approvisionnement en eau dans la région de Souk Ahras. Essai de synthèse. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (82 p).
- **Guerrad Chahrazed. (1999)** : Evaluation de l'érosion dans le bassin versant de l'oued Saf-Saf (région de Zerdaza) Wilaya de Skikda. Mémoire Ingénieur. Université de Annaba. (88 p).
- **Harbi. S, Ouaddah. M. (1996)** : Contribution à l'étude du bassin versant de l'oued Saf-Saf ; impact de l'érosion sur la disponibilité en eau. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (168 p).
- **Hedbani Emira (2006)** : Mise en évidence de l'intrusion marine dans la nappe côtière de Skikda (N-E Algérien). Mémoire de Magister, Université de Annaba. (105 p).
- **Ismail Serageldin. (1998)** : Managing water resources sustainably ; challenges and solutions for the new millenium. La Houille Balnche. N° 2.
- **Khentouche Adel. (2005)** : Contribution quantitative et qualitative de l'érosion dans le bassin versant de Oued Nefla (Wilaya de Batna). Mémoire de Magister. Université de Batna (119 p).
- **Khochmane. N, Messadi. R (2002)** : Mise en valeur Hydro-Agricole de la vallée de l'oued Saf-Saf –wilaya de Skikda- . Mémoire d'Ingénieur, Université Annaba. (106 p).
- **Krim. S, Zouaz. S. (2005)** : Etude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine d'El Hadaïek (wilaya de Skikda). Mémoire d'Ingénieur. Université Annaba. (64 p).
- **Larent Mermet. (2003)** : Prospectives pour l'environnement. Quelles recherches ? Quelles ressources? Quelles méthodes? Edition ISBN. Paris (107 p)
- **Mahtali. D, Brania. K.D. (1993)** : Contribution à l'aménagement Hydro-Agricole de la plaine de Zit El Emba. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba. (213 p).
- **Malem .S, Salmi.W. (2003)** : Etude comparative et de synthèse de l'écoulement dans les deux bassins versants de l'oued Saf-Saf et l'oued Cherf-Amont. Mémoire Ingénieur. Université de Annaba. (145 p)
- **Menani Mohamed Reda. (2004)** : Evaluating and Mapping the grounwater pollution susceptibility of d'El Madher alluvial aquifer – Eastern Algeria- Using the DRASTIC method.
- **Ouartsy Fouzia. (1999)** : Potentialités et Qualités des eaux du bassin versant de l'oued Saf-Saf. Mémoire d' Ingéniorat. Université de Annaba. (101 p).

- **Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) (2003)** : Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. Coopération technique Algéro-Almende (463 p).
- **Pierrette Larivaille. (1998)** : Consédérations générales sur la politique de l'eau au 21<sup>ème</sup> siècle. La Houille Blanche, N° 2.
- **Rerboudj A. Malek. (2005)** : Essai de quantification de l'érosion et perspective de la protection du barrage de Fontaine de Gazelles contre l'envasement. (approche numirique). Mémoire de Magister. Université de Batna (130 p).
- **Tandjir. L, Djebbar. A.B. (2002)** : Présentation de l'environnement du complexe SONATRACH de Skikda. (6 p).
- **Thomas. R.K, Allan. L, Dan Rosbjerg. (1999)** : Barriers to sustainanble water resources management – a Zimbabwean case study-. Journal des Sciences Hydrologiques. 44 (4).
- **Vadim. I. Solokov. (1999)** : Integrated water resources management in the republic of Uzbekistan. IWRA. Water International, vol 24, N° 2, p 104-104.
- **Valiron. F. (1984)** : Gestion des eaux : Principes, Moyens, Structures. (350 p). (Tome I, 1<sup>ère</sup> Edition, Maison ISBN).
- **Valiron. F. (1989)** : Gestion des eaux : Alimentation en eau et assainissement. (501 p). (Tome II, 2<sup>ème</sup> Edition, Maison ISBN).
- **مزيان.ن، بكدي.م ، شلي.أ. (2006)** : الأخطار الصناعية و البيئية العمرانية (حالة مدينة سكيكدة). مذكرة مهندس. جامعة أم البواقي. (197 ص).

### **Les Cartes**

- Carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien (d'après J.M Villa. 1978)
- Carte topographique d'Al Aria (1/50 000).
- Carte topographique de Condé-Smendou (1/50 000).
- Carte topographique de Djebel Filfila (1/50 000).
- Carte topographique de Jemmapes (1/50 000).
- Carte topographique de Hammem Maskhoutine (1/50 000).
- Carte topographique de Oued Zenati (1/50 000).
- Carte topographique de Philippe ville (1/50 000).
- Carte topographique de Philippe ville (1/200 000).
- Carte topographique de Saint Charles (1/50 000).
- Carte topographique de Skikda. n° 7-8 (1/25 000).

### **Les sites Internet consultés**

[www.mre.gov.dz](http://www.mre.gov.dz)  
[www.oieau.fr](http://www.oieau.fr)  
[www.inra.fr](http://www.inra.fr)  
[www.legalis.net](http://www.legalis.net)  
[www.abh.org.dz](http://www.abh.org.dz)  
[www.semide.org](http://www.semide.org)  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)  
[www.riob.org](http://www.riob.org)  
[www.hydrogéologie.com](http://www.hydrogéologie.com)  
[www.univ-montp2.fr](http://www.univ-montp2.fr)  
[www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)

# ANNEXES

Précipitations mensuelles à la station de Skikda (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
1970-1971	5,0	186,4	5,7	84,8	148,7	110,0	156,3	65,7	36,1	3,0	1,3	0,3	803,3
1971-1972	37,0	127,3	71,6	33,6	128,7	69,1	92,7	94,9	51,0	5,7	1,1	2,4	715,1
1972-1973	50,6	89,2	7,2	175,6	194,6	115,6	125,2	17,7	2,1	18,6	6,0	5,2	807,6
1973-1974	32,5	31,7	32,5	78,4	19,9	80,9	42,1	82,6	2,4	1,3	7,0	0,0	411,3
1974-1975	29,1	166,3	74,0	57,6	25,6	55,8	72,7	9,2	58,2	6,2	0,0	21,3	576,0
1975-1976	4,2	25,0	156,3	81,2	92,5	113,8	82,4	34,4	47,1	26,6	0,0	23,8	687,3
1976-1977	22,6	18,6	139,0	28,0	54,0	44,0	17,0	67,0	62,0	19,0	0,0	21,0	492,2
1977-1978	24,0	11,0	151,0	22,0	124,0	116,0	62,0	77,0	37,0	8,0	0,0	1,0	633,0
1978-1979	9,0	81,0	139,0	51,0	111,0	169,0	95,0	211,0	13,0	20,0	10,0	3,0	912,0
1979-1980	51,0	73,0	112,0	38,0	48,0	30,0	94,0	74,0	56,0	1,0	0,0	1,7	578,7
1980-1981	19,0	88,0	151,0	240,0	87,0	101,0	51,0	39,0	17,0	21,0	1,0	46,0	861,0
1981-1982	14,0	67,0	37,0	188,0	141,0	128,0	121,0	59,0	37,0	7,0	0,5	12,0	811,5
1982-1983	14,6	100,0	232,0	156,0	21,0	37,0	70,0	13,0	23,0	0,7	0,5	8,0	675,8
1983-1984	55,0	91,0	119,0	62,0	204,0	161,0	104,0	52,0	22,0	14,0	0,0	0,9	884,9
1984-1985	68,0	148,0	27,0	343,0	148,0	76,0	172,0	21,0	29,0	0,0	0,0	2,0	1034,0
1985-1986	42,0	22,0	66,0	50,0	162,0	82,0	88,0	55,0	12,0	18,0	13,0	3,0	613,0
1986-1987	24,0	86,0	149,0	157,0	140,0	246,0	89,0	36,0	82,0	4,0	11,0	1,0	1025,0
1987-1988	30,0	30,0	116,0	50,0	111,0	111,0	55,0	36,0	37,0	24,0	0,0	1,0	601,0
1988-1989	58,0	4,0	130,0	147,0	48,0	53,0	23,0	148,0	2,0	9,0	5,0	0,0	627,0
1989-1990	33,0	83,0	69,0	100,0	157,0	1,0	75,0	85,0	22,0	31,0	4,0	41,0	701,0
1990-1991	0,0	66,0	123,0	326,0	89,0	104,0	103,0	34,0	25,0	5,0	0,0	13,0	888,0
1991-1992	49,0	118,0	51,0	30,0	109,0	87,0	120,0	144,0	60,0	28,0	7,0	1,0	804,0
1992-1993	9,0	38,0	39,0	237,0	53,0	78,0	63,0	39,0	69,0	6,0	1,0	1,0	633,0
1993-1994	36,0	85,0	40,0	136,0	116,0	120,0	0,0	142,0	12,0	0,0	1,0	4,0	692,0
1994-1995	58,0	102,0	6,0	170,0	219,0	25,0	107,0	32,2	3,0	19,0	0,0	12,3	753,5
1995-1996	100,0	9,0	48,0	55,1	65,0	192,0	59,3	92,0	46,4	14,0	1,0	4,0	685,8
1996-1997	38,0	95,0	49,0	102,0	66,0	13,3	18,0	34,2	72,0	27,0	0,0	4,0	518,5
1997-1998	69,0	190,0	174,0	148,2	82,0	104,2	43,0	57,3	129,2	11,0	0,0	25,0	1032,9
1998-1999	25,0	26,0	198,0	86,0	116,7	106,0	72,4	32,0	15,0	4,0	1,0	8,0	690,1
1999-2000	29,5	25,0	106,1	238,0	61,0	20,0	21,0	16,0	119,0	43,0	0,0	5,0	683,6
2000-2001	18,0	52,0	36,7	102,0	150,0	87,0	11,0	48,0	28,0	0,0	0,0	5,0	537,7
2001-2002	65,0	2,0	103,0	95,0	47,5	121,6	21,4	59,1	10,1	1,0	22,1	30,6	578,4
2002-2003	35,9	85,0	244,0	215,0	276,0	114,0	35,0	99,0	14,0	2,0	0,0	0,0	1119,9
2003-2004	114,0	47,0	37,0	169,0	121,0	161,0	73	66,0	31,0	20,5	1,0	0,0	840,5
2004-2005	55,5	26,2	284,0	165,4	156,0	189,0	65,2	99,0	7,0	87,0	0,0	64,0	1198,3
2005-2006	34,4	25,5	90,0	181,0	128,0	58,0	41,1	15,0	8,0	9,0	1,0	3,0	594,0
Moy Totale	37,7	70,0	100,4	127,7	111,7	96,7	70,6	63,5	36,0	14,3	2,7	10,4	741,7

Précipitations mensuelles à la station d'El Harrouch (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
1970-1971	0,9	66,1	4,2	46,1	122,5	111,8	108,9	21,0	46,5	4,8	6,8	92,0	631,6
1971-1972	82,4	59,3	51,0	23,9	133,3	63,0	85,4	16,4	57,3	6,1	0,6	13,0	591,7
1972-1973	31,6	65,8	0,0	89,5	167,4	109,2	119,7	26,2	0,0	4,1	0,0	0,0	613,5
1973-1974	43,7	68,0	29,8	69,5	0,8	60,2	44,8	59,6	28,3	0,0	3,6	0,0	408,3
1974-1975	29,7	71,2	46,1	32,7	12,5	27,8	69,7	13,3	46,3	0,0	0,0	0,0	349,3
1975-1976	19,2	22,6	107,4	47,8	78,2	87,9	88,4	42,3	35,5	8,3	33,7	11,7	583,0
1976-1977	57,2	82,0	79,1	19,7	55,9	15,5	14,2	61,5	60,2	26,6	0,0	19,6	491,5
1977-1978	5,1	0,0	109,7	7,2	101,3	89,9	41,7	61,2	69,7	0,4	0,0	30,8	517,0
1978-1979	7,2	26,6	105,9	19,4	61,3	111,9	77,5	155,0	5,5	38,4	4,2	0,6	613,5
1979-1980	48,9	51,2	54,2	48,7	46,7	46,5	61,8	57,8	52,4	0,6	1,7	3,0	473,5
1980-1981	19,3	19,9	36,7	139,1	65,8	68,9	57,7	21,1	11,6	35,0	0,0	21,4	496,5
1981-1982	11,5	22,2	34,7	95,8	83,8	75,5	128,0	57,6	23,4	7,3	0,0	0,0	539,8
1982-1983	9,8	158,9	198,4	101,2	10,4	27,2	25,7	7,3	14,1	2,4	0,0	1,2	556,6
1983-1984	28,3	36,0	88,2	42,2	112,3	118,3	17,7	19,2	4,5	8,3	0,0	8,3	483,3
1984-1985	36,5	133,8	16,3	379,6	85,2	46,9	159,8	35,2	36,8	2,1	0,0	0,0	932,2
1985-1986	55,8	24,6	26,9	30,8	108,4	39,8	98,0	37,0	8,6	11,6	5,2	0,4	447,1
1986-1987	28,2	105,1	135,3	130,4	71,0	152,3	51,8	25,9	79,7	0,0	5,5	0,3	785,5
1987-1988	0,3	29,5	66,3	21,6	62,8	56,0	33,3	19,1	20,1	27,0	7,1	0,0	343,1
1988-1989	98,2	1,3	72,8	215,0	50,1	39,3	33,4	55,5	6,0	18,1	4,6	4,5	598,8
1989-1990	30,6	52,1	45,8	62,0	141,8	1,1	27,7	75,0	39,0	21,1	3,1	3,1	502,4
1990-1991	0,0	19,1	92,4	148,3	43,3	79,3	130,3	65,9	48,8	26,6	0,0	4,3	658,3
1991-1992	42,7	128,8	28,0	217,0	55,2	71,1	136,3	86,7	81,6	14,3	8,7	0,0	870,4
1992-1993	44,4	34,4	74,1	231,7	78,3	51,7	28,3	17,8	11,0	10,2	0,0	1,2	583,1
1993-1994	12,8	49,9	20,7	101,3	61,0	59,8	16,1	87,9	9,0	25,0	0,0	0,0	443,5
1994-1995	28,1	88,5	20,1	114,1	254,2	25,4	112,6	36,8	5,8	38,3	0,0	2,7	726,6
1995-1996	76,0	29,6	59,8	28,6	102,8	227,0	46,6	78,2	46,2	17,1	1,5	2,7	716,1
1996-1997	39,6	35,1	34,7	76,0	68,7	28,8	42,7	52,2	20,4	10,6	0,0	26,7	435,5
1997-1998	53,4	8,9	92,8	124,1	27,2	74,4	49,5	67,8	80,7	3,3	0,0	8,0	590,1
1998-1999	69,4	50,1	184,2	45,0	70,7	38,0	37,2	17,9	8,3	8,8	5,9	5,3	540,8
1999-2000	14,7	14,8	65,6	146,9	24,3	23,8	23,5	17,6	100,7	6,5	0,0	12,7	451,1
2000-2001	1,9	53,3	29,7	50,3	144,5	55,9	18,4	57,9	33,1	0,0	0,0	0,3	445,3
2001-2002	65,4	4,9	75,3	31,5	31,4	89,4	17,9	52,6	8,4	2,7	25,9	29,6	435,0
2002-2003	14,3	59,0	162,8	103,1	237,8	81,7	30,4	117,3	19,5	0,2	0,0	0,0	826,1
2003-2004	80,0	34,8	21,6	162,4	70,8	15,1	54,9	84,5	77,9	37,7	0,0	7,5	647,2
2004-2005	34,6	44,2	219,2	155,9	89,9	126,9	43,8	105,5	0,0	0,0	1,6	2,3	823,9
2005-2006	11,9	15,4	26,4	112,1	117,0	85,9	39,4	5,2	48,0	2,6	0,0	2,9	466,8
Moy Totale	34,3	49,1	69,9	96,4	84,7	69,0	60,4	50,5	34,6	11,8	3,3	8,8	572,7

### Précipitations mensuelles à la station de Ramdane Djamel (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
1970-1971	1,0	104,5	5,0	125,5	125,5	125,5	87,3	47,0	34,5	4,0	3,5	3,4	666,7
1971-1972	73,0	119,5	48,5	28,0	99,3	56,0	113,0	103,5	46,5	39,0	0,0	6,3	732,6
1972-1973	51,5	53,0	5,0	110,0	162,5	103,6	109,5	17,0	0,0	29,5	0,0	1,0	642,6
1973-1974	53,0	92,0	25,5	58,5	33,0	55,5	38,0	58,5	21,0	4,1	14,0	1,5	454,6
1974-1975	30,0	68,0	34,8	32,0	9,5	70,5	34,0	10,0	64,5	6,5	0,0	13,0	372,8
1975-1976	13,0	7,0	104,9	66,5	89,9	89,5	79,4	49,3	34,0	11,9	11,1	12,8	569,3
1976-1977	31,2	204,0	125,6	38,1	44,3	11,5	29,7	57,6	62,5	20,8	0,5	11,4	637,2
1977-1978	7,5	11,6	94,1	9,9	79,5	78,8	44,2	57,7	61,6	12,4	0,0	0,7	458,0
1978-1979	2,3	36,1	94,5	19,9	53,7	103,2	95,3	160,7	8,8	30,1	10,2	0,4	615,2
1979-1980	13,2	56,4	55,9	37,2	48,5	48,0	61,2	56,1	50,7	0,0	0,0	0,0	427,2
1980-1981	17,9	55,0	61,8	163,8	62,1	71,1	41,3	40,2	11,3	25,5	4,8	26,7	581,5
1981-1982	32,2	29,0	28,9	112,1	131,3	114,7	102,8	57,6	30,7	9,7	3,0	0,0	652,0
1982-1983	7,5	138,3	136,0	74,9	13,4	25,5	54,6	7,0	20,3	0,0	1,5	5,6	484,6
1983-1984	35,5	25,3	84,5	53,8	165,7	190,6	57,0	24,7	16,4	9,7	0,0	0,0	663,2
1984-1985	52,7	150,3	23,7	427,8	118,1	70,4	137,9	39,2	32,0	15,1	0,0	0,0	1067,2
1985-1986	28,1	19,6	46,0	48,3	134,0	49,6	76,5	39,5	9,2	7,5	6,5	0,0	464,8
1986-1987	32,7	102,2	147,3	147,7	62,3	143,7	69,9	44,9	60,9	10,0	4,3	0,0	825,9
1987-1988	17,2	40,5	75,8	22,1	64,9	51,6	37,9	23,8	22,9	31,6	9,6	0,0	397,9
1988-1989	35,9	1,5	55,4	160,6	36,0	50,5	46,1	54,3	1,0	9,1	2,1	4,3	456,8
1989-1990	24,0	58,2	49,4	69,6	153,3	1,6	25,6	52,4	30,8	13,4	3,0	15,6	496,9
1990-1991	0,0	32,5	90,5	147,6	69,3	73,8	102,4	45,4	16,2	13,6	0,0	2,0	593,3
1991-1992	53,0	115,5	34,6	18,1	59,6	62,9	135,0	103,8	67,5	19,4	15,0	0,0	684,4
1992-1993	2,2	45,7	51,2	175,3	106,9	37,1	46,8	21,4	54,4	0,0	0,0	1,6	542,6
1993-1994	17,0	36,2	24,4	104,1	90,0	68,1	36,0	84,9	9,8	0,0	0,0	0,0	470,5
1994-1995	25,9	76,7	10,0	110,0	222,8	21,5	81,8	34,6	5,3	31,0	0,0	4,6	624,2
1995-1996	79,0	9,4	49,1	50,6	76,5	127,7	40,7	73,4	44,4	11,2	2,1	7,3	571,4
1996-1997	51,2	51,8	34,2	70,3	45,7	13,0	51,0	32,2	9,8	19,4	0,0	18,0	396,6
1997-1998	42,0	94,7	81,5	85,1	27,2	55,6	31,1	37,3	53,6	6,0	0,0	6,3	520,4
1998-1999	29,5	31,6	181,2	39,0	122,7	46,4	54,7	27,2	22,0	8,0	4,6	2,3	569,2
1999-2000	10,3	24,7	60,0	131,4	24,4	31,7	22,2	17,6	92,7	6,7	0,0	9,8	431,5
2000-2001	0,9	28,4	37,8	60,6	127,1	82,6	8,2	31,6	22,6	0,0	0,0	0,9	400,7
2001-2002	69,9	6,4	53,6	59,5	28,8	95,7	16,6	31,1	11,2	1,6	40,2	26,1	440,7
2002-2003	14,5	43,9	196,1	128,9	227,8	96,2	22,8	116,7	21,9	0,0	0,0	0,0	868,8
2003-2004	67,7	42,6	19,1	230,9	85,1	16,8	57,8	78,3	65,1	28,3	0,5	3,1	695,3
2004-2005	34,6	32,1	233,9	149,7	111,9	107,1	36,9	105,7	3,9	7,9	0,1	11,6	835,4
2005-2006	18,5	25,9	70,3	116,4	116,8	91,4	39,2	8,2	14,3	0,3	0,0	7,5	508,8
Moy Total	29,9	57,5	70,3	96,8	89,7	70,5	59,0	51,4	31,5	12,3	3,8	5,7	578,4

### Précipitations mensuelles à la station de Zardézas (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
1970-1971	0,2	58,8	1,6	58,3	129,2	78,9	117,6	44,9	43,1	2,7	5,1	16,4	556,8
1971-1972	54,6	161,4	52,2	42,7	162,6	70,5	111,3	113,4	50,3	12,3	0,4	15,3	847,0
1972-1973	62,9	50,4	7,7	143,8	250,5	108,3	135,6	32,2	2,4	32,1	0,0	16,8	842,7
1973-1974	58,5	72,3	32,6	58,5	21,9	61,5	66,0	67,6	27,5	0,3	13,4	2,0	482,1
1974-1975	23,4	91,7	55,0	45,3	28,0	120,8	80,1	18,4	77,6	1,6	0,0	15,9	557,8
1975-1976	8,6	14,8	97,1	41,6	79,6	102,7	78,1	63,2	37,6	13,6	32,6	18,6	588,1
1976-1977	59,0	124,0	133,9	25,1	52,5	14,4	40,7	85,8	54,9	21,9	0,0	13,8	626,0
1977-1978	2,6	14,4	87,5	7,8	103,5	77,1	59,5	68,3	39,1	11,1	0,5	17,8	489,2
1978-1979	4,5	35,4	98,2	25,7	75,8	119,9	99,8	174,3	19,0	36,5	7,1	1,7	697,9
1979-1980	58,7	44,5	62,9	50,1	57,8	53,1	80,0	56,9	56,7	3,5	0,0	3,5	527,7
1980-1981	124,6	41,3	83,8	161,7	95,1	68,3	59,5	25,9	23,0	33,9	0,0	31,4	748,5
1981-1982	12,9	26,5	41,4	93,6	116,7	98,0	126,5	65,5	43,6	16,5	0,4	4,5	646,1
1982-1983	25,0	138,8	194,5	106,5	14,4	17,9	68,7	12,8	25,1	9,7	0,9	5,1	619,4
1983-1984	23,2	52,5	101,1	49,7	172,5	271,7	45,5	51,9	14,1	12,9	0,0	0,3	795,4
1984-1985	42,3	137,3	17,5	452,5	99,5	46,5	159,0	38,5	46,3	0,0	0,0	0,0	1039,4
1985-1986	25,0	32,5	28,5	46,0	118,5	42,0	97,5	35,0	8,5	18,0	14,0	3,0	468,5
1986-1987	23,0	110,0	140,0	121,0	58,5	164,5	56,5	39,0	70,7	1,0	14,3	0,5	799,0
1987-1988	7,0	23,1	69,2	27,3	77,9	69,5	37,7	24,2	42,2	38,0	5,6	0,1	421,8
1988-1989	44,2	1,5	71,4	204,8	56,3	51,8	35,6	57,9	3,7	12,4	2,8	19,7	562,1
1989-1990	43,1	73,6	33,7	56,9	148,2	0,3	75,1	61,6	55,9	20,5	6,4	1,7	577,0
1990-1991	1,0	18,5	125,4	169,5	59,7	104,7	126,2	66,1	48,4	5,3	5,2	6,6	736,6
1991-1992	25,1	127,3	29,6	19,7	66,1	67,6	123,5	152,2	110,2	18,1	16,4	0,0	755,8
1992-1993	1,7	21,5	85,1	292,7	111,0	51,4	19,0	29,9	71,1	8,5	0,0	2,6	694,5
1993-1994	27,1	42,8	20,1	196,6	63,3	62,8	8,7	98,2	9,7	0,0	0,0	0,0	529,3
1994-1995	15,7	66,1	10,5	97,7	225,3	18,1	106,6	23,5	3,0	40,3	0,4	3,4	610,6
1995-1996	59,9	21,4	37,2	50,1	106,6	191,5	58,0	71,7	50,2	10,5	1,2	6,3	664,6
1996-1997	34,3	36,3	30,0	82,2	45,8	22,7	38,8	44,5	12,4	29,1	0,8	5,3	382,2
1997-1998	47,9	53,7	90,8	130,9	21,0	92,8	44,6	54,3	51,9	5,0	0,0	14,9	607,8
1998-1999	76,1	39,5	171,4	62,5	115,6	70,6	39,9	31,0	37,0	17,2	6,4	0,2	667,4
1999-2000	6,0	32,2	56,1	145,4	40,5	25,4	30,7	21,8	83,2	5,1	0,0	6,4	452,8
2000-2001	2,2	46,8	31,8	32,7	112,1	74,1	9,9	52,6	28,1	0,0	0,0	1,1	391,4
2001-2002	35,2	8,2	80,9	36,2	35,1	91,2	24,6	57,9	8,4	2,3	24,6	23,4	428,0
2002-2003	20,1	24,3	136,1	118,0	199,0	115,9	31,3	129,4	30,1	0,0	0,5	0,0	804,7
2003-2004	86,5	34,0	27,7	115,3	135,3	24,6	52,2	68,6	100,8	47,3	0,0	1,7	694,0
2004-2005	41,7	19,8	249,7	190,1	91,1	137,6	65,5	124,2	3,8	0,2	3,6	4,5	931,8
2005-2006	17,9	22,0	25,0	245,6	136,9	124,1	37,8	14,4	30,8	3,7	1,0	4,2	663,4
Moy Totale	33,4	53,3	72,7	105,7	96,8	80,9	68,0	60,5	39,5	13,6	4,5	7,5	636,3

Températures moyennes mensuelles à la station de Skikda (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
1970-1971	23,6	19,3	12,4	12,1	11,6	10,7	10,7	15,8	18,2	19,9	23,7	27,6
1971-1972	22,7	19,0	14,2	11,8	11,3	13,2	14,7	13,9	16,0	21,8	22,3	22,7
1972-1973	21,3	18,7	16,4	12,6	11,6	9,5	10,9	13,7	18,5	21,8	24,1	24,6
1973-1974	24,0	19,0	14,8	12,6	13,1	12,4	13,7	13,8	18,1	21,8	22,9	23,8
1974-1975	23,3	17,5	14,9	12,0	12,0	11,4	12,5	13,8	16,8	19,8	23,6	24,5
1975-1976	24,1	18,3	14,6	12,5	10,5	11,2	13,7	14,6	17,3	20,2	23,4	23,6
1976-1977	22,5	19,5	13,6	13,3	12,9	13,5	13,8	15,3	17,8	20,5	23,3	23,3
1977-1978	21,1	20,8	16,2	13,2	10,7	14,0	13,3	14,2	17,2	20,9	23,9	23,9
1978-1979	21,8	17,6	13,6	14,6	13,9	13,5	13,3	13,4	17,4	21,5	23,4	24,1
1979-1980	21,4	19,8	13,8	12,5	11,6	12,3	12,8	11,0	16,6	20,3	22,0	24,2
1980-1981	22,5	18,2	16,1	10,5	9,9	12,5	14,3	16,3	17,8	20,8	22,2	23,6
1981-1982	23,2	19,1	15,1	15,5	13,9	12,3	13,3	14,9	18,1	23,2	27,3	24,6
1982-1983	23,1	20,1	16,4	12,4	11,4	11,2	13,6	16,7	18,9	21,8	27,2	25,1
1983-1984	23,9	20,4	17,9	14,3	12,7	11,8	12,5	15,4	17,3	20,4	24,9	23,6
1984-1985	22,1	19,2	17,8	13,5	11,4	14,6	12,6	16,3	17,8	21,9	24,9	24,1
1985-1986	22,5	20,7	18,0	14,2	12,5	12,6	13,3	15,5	19,5	20,3	23,8	25,9
1986-1987	23,4	21,3	16,6	13,1	12,5	13,0	12,9	16,2	17,2	21,2	24,7	26,2
1987-1988	25,4	23,5	17,0	15,4	14,5	12,1	14,3	15,9	19,0	21,7	24,8	25,8
1988-1989	22,1	22,1	16,8	12,6	11,9	12,7	15,0	16,0	17,7	21,0	25,0	25,9
1989-1990	23,7	19,8	17,6	16,6	12,6	14,6	14,5	15,4	18,8	22,2	24,4	24,3
1990-1991	25,6	22,2	17,1	12,0	12,0	11,4	15,4	13,8	15,8	20,9	24,2	25,3
1991-1992	24,4	20,5	15,9	12,4	11,4	11,8	13,4	15,3	17,7	20,4	22,6	24,8
1992-1993	23,9	19,6	16,7	13,9	11,5	11,1	12,8	15,6	19,2	21,5	24,1	25,4
1993-1994	23,3	21,0	16,1	13,6	12,9	13,4	14,0	14,4	19,5	21,4	25,1	28,5
1994-1995	25,7	21,2	18,3	14,1	12,6	14,6	13,3	14,5	20,0	21,4	24,2	25,7
1995-1996	23,3	20,9	17,8	16,1	15,6	12,2	14,7	16,1	18,3	21,3	24,5	25,6
1996-1997	21,8	18,7	17,4	15,6	14,4	13,4	13,2	15,7	19,9	23,4	24,1	26,0
1997-1998	24,2	21,7	17,5	14,9	13,3	13,3	14,5	16,9	18,5	24,4	24,9	25,6
1998-1999	25,7	19,6	15,5	12,8	12,9	11,9	15,2	16,2	20,6	23,2	25,1	27,9
1999-2000	25,1	23,5	15,9	13,6	10,5	12,9	14,2	17,3	19,5	22,2	26,2	27,0
2000-2001	24,5	21,3	17,7	15,3	14,2	13,1	18,0	16,1	19,0	23,6	25,4	27,3
2001-2002	24,0	23,3	16,6	12,7	12,1	13,1	15,6	13,5	19,3	22,9	24,9	25,4
2002-2003	23,4	21,1	17,9	14,8	12,5	11,9	13,5	17,2	19,4	25,6	28,3	29,2
2003-2004	24,6	22,1	17,2	13,1	12,5	11,9	13,5	17,2	19,4	21,5	24,6	27,5
2004-2005	23,8	24,1	15,6	13,8	11,7	11,5	13,5	16,3	20,0	23,5	26,0	24,6
2005-2006	23,4	21,7	17,5	12,8	11,2	12,0	14,8	17,8	20,7	22,8	26,0	25,9
Moy Total	23,4	20,4	16,2	13,5	12,3	12,4	13,7	15,3	18,4	21,7	24,5	25,3

### Humidités moyennes mensuelles à la station de Skikda (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
1970-1971	76	78	74	79	76	78	80	81	80	75	77	64
1971-1972	74	76	70	79	79	67	79	80	80	79	72	75
1972-1973	78	74	73	75	78	72	77	68	73	79	74	76
1973-1974	73	75	79	76	78	76	79	77	75	73	74	74
1974-1975	72	72	73	80	74	73	73	76	79	75	69	69
1975-1976	74	72	79	76	77	78	75	73	80	77	74	74
1976-1977	83	73	81	80	79	80	81	82	81	80	81	79
1977-1978	90	75	81	82	80	72	75	79	77	75	74	82
1978-1979	83	81	83	73	77	78	80	79	78	82	75	78
1979-1980	83	82	80	81	78	81	76	76	77	73	69	73
1980-1981	77	75	76	71	74	80	83	80	76	76	74	77
1981-1982	76	74	77	66	75	77	73	79	82	78	72	79
1982-1983	79	77	75	77	80	80	78	76	75	76	69	83
1983-1984	73	79	84	76	81	80	82	77	74	73	72	85
1984-1985	75	83	66	79	77	77	79	74	77	75	74	76
1985-1986	80	79	76	79	72	70	78	74	78	81	80	79
1986-1987	79	78	84	86	72	83	77	77	77	73	80	76
1987-1988	74	68	71	80	71	77	73	82	82	82	77	77
1988-1989	81	73	81	77	77	75	76	75	79	75	76	76
1989-1990	77	81	76	70	76	72	74	75	80	79	72	76
1990-1991	72	74	72	73	71	75	73	72	71	72	69	70
1991-1992	77	71	70	66	75	74	74	73	76	69	77	72
1992-1993	71	68	72	70	73	71	69	70	73	75	70	71
1993-1994	69	68	70	75	72	67	76	70	72	71	69	66
1994-1995	68	75	73	73	69	69	67	69	64	76	73	72
1995-1996	68	71	62	69	64	69	70	71	73	73	67	71
1996-1997	68	71	64	63	65	75	71	67	73	71	74	71
1997-1998	73	72	72	67	72	76	69	69	76	69	70	71
1998-1999	70	72	76	74	76	74	70	71	74	74	69	74
1999-2000	72	65	76	73	76	73	74	66	82	78	68	68
2000-2001	74	72	69	74	74	72	66	71	76	67	72	74
2001-2002	76	74	78	79	77	78	74	77	69	72	76	80
2002-2003	79	73	76	81	78	75	73	80	78	71	70	64
2003-2004	76	76	79	79	79	78	76	77	77	79	76	72
2004-2005	74	56	81	78	81	81	80,5	76	75	76	71	73
2005-2006	73	59	75	73	75	58	71	73	75	71	71	69
Moy Totale	75,5	73,4	75,1	75,3	75,2	74,8	75,0	74,8	76,2	75,0	73,0	74,1

Vitesses des vents moyennes mensuelles à la station de Skikda (1970/71-2005/06)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
1970-1971	3,06	2,90	2,69	2,48	3,57	3,43	2,46	2,27	2,46	3,05	2,60	2,40
1971-1972	2,02	1,50	3,07	2,31	3,50	3,33	2,13	2,43	1,80	1,82	2,22	2,06
1972-1973	1,93	2,56	2,75	3,54	3,39	2,17	2,46	2,23	2,05	2,05	1,65	1,61
1973-1974	2,24	2,23	2,03	3,15	2,78	2,92	2,00	1,74	1,61	1,85	1,84	1,60
1974-1975	1,73	1,72	1,89	2,51	2,48	2,08	2,45	7,46	2,18	2,50	2,30	2,40
1975-1976	2,14	1,79	2,19	1,70	2,60	18,60	2,16	1,60	1,84	2,30	2,55	2,51
1976-1977	2,16	1,81	1,90	2,10	1,30	0,90	1,30	1,60	1,50	2,70	2,80	2,63
1977-1978	2,18	1,83	2,70	1,99	3,47	3,73	3,69	3,50	3,77	3,40	2,79	2,90
1978-1979	3,30	2,60	3,42	4,45	3,90	3,10	3,20	3,18	2,50	2,11	2,78	2,30
1979-1980	1,60	1,70	3,00	2,50	2,50	2,10	3,80	3,10	2,50	3,60	3,36	2,90
1980-1981	2,61	3,70	4,30	4,40	4,70	2,80	2,50	2,70	3,50	3,80	4,30	3,30
1981-1982	4,10	4,00	3,90	5,60	3,90	2,90	3,70	3,00	2,20	1,80	1,80	2,40
1982-1983	2,50	4,65	8,70	3,00	2,70	2,40	3,30	3,00	2,50	2,70	2,80	3,00
1983-1984	3,10	3,30	3,40	4,20	3,80	4,72	3,20	2,90	3,30	2,70	2,70	2,80
1984-1985	2,90	3,10	3,40	4,50	3,90	3,20	3,20	3,90	2,80	2,70	2,50	2,90
1985-1986	2,60	3,03	3,10	3,10	3,80	3,70	3,00	3,40	2,60	3,20	2,90	2,70
1986-1987	2,70	3,10	3,30	3,60	3,90	3,10	3,34	2,60	2,40	2,50	2,40	2,20
1987-1988	2,39	2,70	3,20	2,50	3,29	2,50	3,30	2,10	2,50	2,30	2,30	3,10
1988-1989	3,10	2,70	2,79	3,80	2,37	2,90	2,70	2,90	2,00	2,00	2,40	2,20
1989-1990	2,57	2,60	2,30	2,20	2,30	2,20	2,40	1,80	2,10	1,84	2,20	2,21
1990-1991	2,15	2,37	3,10	2,86	2,05	2,10	2,58	2,38	2,08	1,86	1,38	1,75
1991-1992	1,91	2,08	2,22	3,10	2,19	2,33	2,18	3,21	2,26	2,35	1,82	1,95
1992-1993	2,01	2,36	2,71	3,90	4,24	4,23	3,89	3,90	3,28	3,13	3,06	2,78
1993-1994	3,15	3,42	3,58	4,54	4,60	4,98	3,33	4,08	3,55	3,87	3,33	3,40
1994-1995	3,88	3,43	3,34	3,90	5,72	3,73	4,21	4,13	3,96	3,65	3,40	3,95
1995-1996	3,60	3,51	4,70	3,90	4,20	4,97	3,42	3,16	2,80	2,85	2,40	2,64
1996-1997	3,32	3,76	4,08	4,19	3,70	3,23	3,71	3,73	3,16	2,72	2,89	2,60
1997-1998	2,65	3,33	3,37	4,03	3,76	3,20	2,64	3,24	2,60	2,46	2,70	2,30
1998-1999	2,63	2,67	3,90	3,73	3,20	3,79	3,62	3,28	2,56	2,49	2,83	2,40
1999-2000	2,89	2,81	3,36	3,93	3,02	3,44	2,40	2,98	2,02	2,11	2,70	2,30
2000-2001	2,65	2,65	3,16	3,86	3,50	3,30	3,29	3,30	2,16	2,45	2,27	2,23
2001-2002	1,99	2,20	2,90	3,20	2,84	3,20	2,47	2,78	2,43	2,10	2,20	2,70
2002-2003	2,60	2,52	3,70	3,10	4,12	3,21	2,46	2,64	2,48	2,69	2,73	2,95
2003-2004	3,05	3,00	3,95	6,18	3,65	3,50	2,45	2,77	2,50	3,27	3,25	3,20
2004-2005	3,50	2,86	3,46	4,10	3,17	3,80	2,55	2,90	2,52	2,44	2,59	2,69
2005-2006	2,42	2,50	3,30	3,79	3,59	3,32	4,13	2,98	2,80	3,25	2,60	3,29
Moy Totale	2,65	2,75	3,30	3,50	3,38	3,59	2,93	3,02	2,54	2,63	2,59	2,59

Débites moyens mensuels à la station de Khémakhem. (1973/74 – 2001/02)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Annuel
1973 - 1974	0,14	0,27			0,09	0,40		0,64	0,14	0,02	0,01	0,01	
1974 - 1975	0,02	0,02	0,05	0,06	0,03	1,93	0,55	0,21	0,25	0,05	0,01	0,00	0,27
1975 - 1976	0,00	0,00	0,02	0,04	0,26	3,24	4,55	0,69	0,41	0,10	0,02	0,01	0,78
1976 - 1977	0,03	0,36	2,90	0,74	1,14	0,41	0,19	0,34	0,23	0,06	0,01	0,00	0,53
1977 - 1978	0,00	0,00	0,01	0,00	0,56	2,64	0,40	1,19	0,19	0,05	0,00	0,00	0,42
1978 - 1979	0,00	0,00	0,03	0,06	0,15	1,36	1,83	6,18	7,58	4,84	0,33	0,00	1,86
1979 - 1980	0,05	0,05	0,12	0,09	0,39	0,35	1,63	0,41	0,19	0,04	0,00	0,00	0,28
1980 - 1981	0,02	0,03	0,00	0,89	1,08	0,75	0,28	0,57	0,20	0,02	0,01	0,01	0,32
1981 - 1982	0,00	0,00	0,01	0,03	0,47	2,34	3,92	0,71	0,65	0,05	0,00	0,00	0,68
1982 - 1983	0,03	0,22	2,91	4,31	1,67	0,43	1,01	0,25	0,12	0,03	0,00	0,00	0,91
1983 - 1984	0,00	0,01	0,29	0,13	3,18	14,11	0,85	1,64	0,16	0,04	0,03	0,01	1,70
1984 - 1985	0,05	0,18	0,05	19,18	10,21	3,20	14,67	1,00	0,56	0,07	0,05	0,03	4,10
1985 - 1986	0,03	0,08	0,03	0,04	0,41	0,49	1,36	0,26	0,14	0,09	0,05	0,04	0,25
1986 - 1987	0,01	0,25	0,98	3,02	3,52	10,08	2,67	3,60	0,54	0,16	0,07	0,04	2,08
1987 - 1988	0,00	0,01	0,12	0,07	0,28	0,39	1,02	0,13	0,10	0,08	0,02	0,01	0,19
1988 - 1989	0,07	0,01	0,01	2,80	1,26	1,39	0,79	0,37	0,14	0,00	0,00	0,00	0,57
1989 - 1990	0,00	0,04	0,02	0,07	1,51	0,18	0,13	0,08	0,11	0,01	0,01	0,09	0,19
1990 - 1991	0,00	0,00	1,10	3,83	1,66	4,28	5,28	2,83	0,42	0,22	0,04	0,01	1,64
1991 - 1992	0,02	0,19	0,07	0,05	0,28	1,24	1,67	4,18	2,29	0,30	0,12	0,04	0,87
1992 - 1993	0,02	0,01	0,61	6,50	11,72	1,21	1,60	0,20	0,32	0,03	0,01	0,00	1,85
1993 - 1994	0,00	0,00	0,00	1,18	1,79	5,39	0,64	0,89	0,16	0,04	0,01	0,00	0,84
1994 - 1995	0,00	0,55	0,02	0,42	10,22	0,21	4,18	0,55	0,09	0,02	0,01	0,00	1,36
1995 - 1996	0,01	1,38	0,07	0,09	0,67	8,80	3,73	1,40	1,55	0,08	0,03	0,01	1,49
1996 - 1997	0,01	0,02	0,01	0,10	0,10	0,06	0,11	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
1997 - 1998	0,27	0,27	0,49	4,71	1,02	2,10	0,74	0,55	0,90	0,05	0,02	0,00	0,93
1998 - 1999	0,01	0,02	3,74	1,75	4,15	12,40	1,46	0,67	0,16	0,05	0,01	0,00	2,04
1999 - 2000	0,00	0,00	0,01	3,96	0,70	0,16	0,10	0,07	0,51	0,05	0,02	0,00	0,47
2000 - 2001	0,00	0,04	0,01	0,01	2,69	4,90	0,16	0,16	0,12	0,04	0,00	0,00	0,68
2001 - 2002	0,00	0,00	0,23	0,07	0,09	0,62	0,04	0,49	0,01	0,00	0,00	0,17	0,14
<b>Moyenne</b>	<b>0,03</b>	<b>0,14</b>	<b>0,50</b>	<b>1,94</b>	<b>2,11</b>	<b>2,93</b>	<b>1,98</b>	<b>1,04</b>	<b>0,63</b>	<b>0,23</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,98</b>