

2007

Faculté des sciences de la Terre

Année

Département de Géologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister

**IMPACT DE LA DECHARGE PUBLIQUE SUR LA QUALITE
DES EAUX SOUTERRAINES
CAS DE ZEF- ZEF (SKIKDA)**

Option
Hydrochimie
Par
BOUCENNA Nawel

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Mr DJABRI. L

Professeur (UBMA)

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mr HANI. A

Maître de Conférences (UBMA)

EXAMINATEURS : Mr ZOUINI. D
Mr CHAFFAI .H

Maître de Conférences (UBMA)
Maître de Conférences (UBMA)

INVIT | Mr BELOULOU. L

Maître Assistant (UBMA)

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude avant tout à dieu qui ma aidé et donné le courage pour mener à bien ce modeste travail.

Mes chaleureux remerciements à mon directeur de mémoire le professeur Djabri. Larbi pour sa patience et ses conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je voudrai remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail, notamment. Mrs Hani A, Zouini D, Chaffai H et Beloulou L.

Mes remerciements vont au directeur et au personnel de l'environnement de Skikda et en particulier Mr Sahnoune, Mme Boughayoute et Mme khanchoule.

J'adresse également mes remerciement aux agents du laboratoire des eaux d'El Hadjar , à Mme Khadar Djamila(Ingénieur au laboratoire du département de géologie d'Annaba)et aux agents du laboratoire des eaux de la Raffinerie de Skikda.

Toute ma profonde gratitude va aux agents du laboratoire de L'Hôpital de Tamalous :Mr Chatoum, Mr Moumene et Mr Bouchair.....

Mes remerciements vont à tous les enseignants du département de géologie de l'Université d'Annaba, en particulier Mr Beloulou.

Je tiens à remercier tous les amis et les collègues qui m'on aidé et encouragé pour réaliser ce mémoire.

Enfin à tous ceux qui m'ont aidé de proche au de loin.

ABSTRACT

The main purpose of this work is to point out the impact of the lixiviat generated by the Zef Zef (Skikda) compacted controlled refuse tip on the quality of groundwater.

Several methods and tools were used to realize this work. Water physico-chemical analyses (pH, Eh, cond, Sal, Temper, Turb, O₂ diss, Cl⁻ NO₃⁻ HCO₃ SO₄⁻² Na⁺ K⁺ Mg⁺² and Ca⁺²), organic matter and heavy metals (Fe, Pb, Zn, Cu, Cr) were carried out from November 2005 to November 2006 on 20 wells and a point of the lixiviat. Several piezometric measurement campaigns were also carried out.

The hydroclimatological tool showed that rainwater represents in fact the principal source of water production of the lixiviat and that the chemical composition of this lixiviat depends mainly on temperature, rainfall and moisture percentage.

The geological, hydrogeological and piezometric investigation showed that the zones with low depth of the water table aquifer (lower than 30 m) are observed downstream of the tip. These zones are considered to be the most sensitive to the contamination by the lixiviat waters.

The characterization of the lixiviat generated by the tip of Zef Zef showed that there is a young and unstable percolat, that convey a significant polluting load (DBO₅ / DCO=0,6). The characterization of water table aquifer showed that wells located in the vicinity and downstream of the tip are the most vulnerable to the lixiviat contamination. The organic and metal load is practically negligible in natural groundwater. Abnormally high concentrations were observed mainly in wells located near and downstream the tip in the direction of the water table flow. This implies a contamination of the ground water by the lixiviat.

Several factors influence the contamination of groundwater by the tip: rainfall, soils and unsaturated zone, water table depth, distance between wells and the tip.

Key words: Northeast Algeria, controlled and compacted tip, lixiviat, piezometry, hydrochemistry, Heavy metals, contamination.

RESUME

Ce travail ayant pour l'objet principal la mise en évidence l'impact du lixiviat générés par la décharge publique contrôlée compactée de ZefZef –SKIKDA-sur la qualité des eaux souterraines.

Dans le cadre de ce travail ont été utilisés plusieurs méthodes et outils, Des analyses physico-chimiques (pH, Eh, cond, Sal, Temper, Turb, O₂diss, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃, SO₄⁻², Na⁺, K⁺, Mg⁺² et Ca⁺²), de la matière organique et des métaux lourds(fer, pb, Zn, Cu, Cr) ont été effectués à partir de Novembre 2005 à Novembre 2006 sur un réseau de 20 puits et un point du lixiviat. Plusieurs compagnes de relevés piézométriques ont été réalisées aussi dans le cadre de cette étude.

L'outil hydroclimatologique a montré que ce sont les eaux de pluie qui représentent la source principale de production des eaux du lixiviat et que la composition chimique de ce lixiviat dépend principalement de la température, de la pluie et du degré d'humidité.

L'étude géologique, hydrogéologique et piézométrique a montré que les zones à faible profondeur de la nappe (inférieur à 30 m) sont observées à l'aval de la décharge. Ce sont des zones, considérées à priori comme les plus sensibles à la contamination par les eaux de lixiviat.

La caractérisation du lixiviat généré par la décharge de ZefZef a montré qu'il s'agit d'un percolat jeune et instable, véhiculant une importante charge polluante (DBO₅/DCO=0,6). Celle des eaux de la nappe a montré que ce sont les puits situés à proximité et à l'aval de la décharge, qui sont les plus vulnérables à cette contamination par le lixiviat. Quand à la charge organique et métallique pratiquement négligeable dans les eaux souterraines naturelle, des teneurs anormalement élevées ont été observées principalement dans les puits situés à proximité et à l'aval de la décharge, dans le sens d'écoulement de la nappe. Ceci implique une contamination de la nappe phréatique par le lixiviat.

Plusieurs facteurs sont influencés sur la contamination des eaux souterraines par la décharge: précipitations, sols et zone non saturée, profondeur de la nappe, la distances des puits par rapport à la décharge...

Mots-clés : NE Algérien, décharge contrôlée compacté, Lixiviat, Piézométrie, Hydrochimie, Métaux lourds, Contamination.

Table de matière	page
Introduction générale	01
I. Caractéristiques géographiques et géologiques	
I.1.Le cadre géographique	02
I.1.1.Situation Régionale.....	02
I.1.2.Situation locale.....	02
I.2.Superficie et Population	02
I.3. Le cadre géologique	03
I.3.1.Le cadre régional	03
I.3.1.1.Le socle kabyle (paléozoïque)	03
I.3.1.2.La dorsale Kabyle ou (chaîne calcaire)	03
I.3.1.3.La série massylienne	04
I.3.1.4.La série oligo-miocène.....	04
I.3.1.5.La série numidienne.....	04
I.3.1.6.Le quaternaire.....	04
I.3.2.Le cadre local.....	04
I.3.2.1.Terrains sédimentaires.....	04
I.3.2.2.Terrain métamorphique.....	05
I.3.3.La tectonique.....	07
I.3.3.1. Les mouvements tectoniques précoces (crétacé paléocène)	07
I.3.4.Conclusion.....	08
I.4.Ensemble lithologique et formation superficielle	08
I.4.1. Les roches dures.....	08
I.4.2. Les roches moyennement dures.....	08
I.4.3.Les formations superficielles.....	08
I.4.4.Conclusion.....	09
I.5.Analyse et identification du relief	09
I.5.1.Cadre régional.....	09
I.5.1.1.Les Djebels.....	09
I.5.1.2.Les collines.....	10
I.5.1.3. Les piémonts.....	10
I.5.1.4.La plaine alluviale.....	10
I.5.1.5.Les alluvions.....	10

I.5.2.Le cadre local.....	10
I.5.2.1. Les piémonts.....	11
I.5.2.2.Les terrasses récentes.....	11
I.5.3.Les unités structurales.....	11
I.5.3.1. Le synclinal d’El-Harrouch.....	11
I.5.3.2. Le synclinal de Ramdane Djamel	11
I.5.4.Conclusion.....	11

II. Fonctionnement de la décharge

II.1Définitions des déchets.....	12
II.2. Classification des déchets.....	12
II.2.1.Déchets urbains.....	12
II.2.1.1. Déchets des ménages.....	12
II.2.1.1.1. Ordures ménagères.....	12
II.2.1.1.2.Déchets encombrants.....	12
II.2.1.1.3. Déchets de jardinage.....	12
II.2.1.1.4.Déchets spéciaux des ménages.....	12
II.2.1.2. Déchets des activités économiques.....	13
II.2.1.2.1 Déchets assimilables aux ordures ménagères.....	13
II.2.1.2.2.Déchets de travaux et de bricolage.....	13
II.2.1.2.3. Déchets liés à l’automobile.....	13
II.2.1.2.4. Déchets toxiques en quantités dispersées.....	13
II.2.1.3. Déchets de nettoyage.....	13
II.2.1.4. Déchets de l’assainissement.....	13
II.2.2. Déchets des entreprises.....	13
II.2.2.1. Déchets inertes.....	13
II.2.2.2. Déchets banals.....	13
II.2.2.3. Déchets spéciaux.....	14
II.2.2.3.1. Déchets dangereux ou toxiques.....	14
II.2.2.3.2. Déchets toxiques industriels en quantité dispersée.....	14
II.2.3. Déchets hospitaliers.....	14
II.2.3.1. Déchets domestiques.....	14
II.2.3.2. Déchets spécifiques.....	14
II.2.3.3.Déchets à risque ou contaminés.....	14

II.2.3.4. Déchets hospitaliers toxiques en quantité dispersée.....	15
II.2.4. Déchets agricoles.....	15
II.2.4.1. Déchets liés à l'exploitation	15
II.2.4.2. Déchets des industries agro-alimentaires.....	15
II.2.4.3. Déchets induits par l'exploitation agricole.....	15
II.2.4.4. Déchets agricoles toxiques en quantité dispersée.....	15
II.2.5. Déchets toxiques en quantité dispersée (D.T.Q.D)	15
II.2.5.1. Déchets de laboratoire.....	15
II.2.5.2. Produits phytosanitaires.....	15
II.2.5.3. Déchets des ateliers.....	16
II.2.5.4. Déchets domestiques.....	16
II.3. Classification des décharges.....	16
II.3.1. Sites classe I.....	16
II.3.2. Sites classe II.....	16
II.3.3. Sites classe III.....	17
II.4. Type de décharge.....	18
II.4.1. Décharges non contrôlées.....	18
II.4.2. Décharges contrôlées.....	18
II.5. Les lixiviats de décharge.....	19
II.5.1. Définition.....	19
II.5.2. La composition.....	19
II.5.3. Classification de lixiviats.....	19
II.5.3.1. Les lixiviats jeunes.....	19
II.5.3.2. Les lixiviats intermédiaires.....	19
II.5.3.3. les lixiviats stabilisés.....	20
II.6. Composition moyenne des ordures ménagères de la décharge de Zef-Zef.....	20
II.7. Les caractéristiques de la décharge de Zef-Zef.....	21
II.7.1. Situation.....	21
II.7.2. Conditions d'exploitation.....	21
II.7.3. Problèmes liés à la décharge publique.....	22
II.8. Conclusions.....	22

III. Etude Hydroclimatique

III.1.Introduction	23
III.2. Caractéristiques climatiques	23
II.2.1.Le climat.....	23
III.2.2.Les précipitations.....	23
III.2.2.1. Répartition des précipitations annuelles.....	23
III.2.2.2.La variation inter annuelle des précipitations.....	24
III.2.2.3.Les précipitations moyennes mensuelles.....	25
III.2.3.L'humidité relative de l'air.....	25
III.2.4.L'insolation.....	26
III.2.5.Le vent.....	26
III.2.6.Les températures moyennes mensuelles.....	26
III.3.Le rythme climatique	27
III.4.Calcul de billant hydrique D'après la formule de C.W Thornthwaite	28
III.4.1.Introduction.....	28
III.4.2.Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)	29
III.4.3.Estimation de la RFU(réserve facilement utilisable)	30
III.4.4.Estimation de l'FTR (l'évapotranspiration réelle)	30
III. 4.5.Le déficit agricole DA.....	30
III.4.6.L'excédent EXC (L'écoulement)	30
III.4.7.Interprétation du résultat du bilan hydrique.....	32
III.5.Le ruissellement	33
III.5.1.Calcul de ruissèlement.....	33
III.6. L'infiltration efficace	33
III.6.1.Calcul de l'infiltration efficace.....	33
III.7.Conclusion	34

IV. Etude Hydrogéologique

IV.1.Introduction	35
IV.2.Inventaire des forages et des puits	35
IV.3.Les conditions aux limites	36
IV.4.La coupe hydrogéologique	37
IV.4.1. Etablissement de la coupe hydrogéologique.....	37
IV.4.2. Interprétation de la coupe hydrogéologique.....	37

IV.5. La piézométrie	38
IV.5.1. Etablissement de la carte piézométrique.....	38
IV.5.2. Caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines.....	39
IV.5.3. Variation du niveau piézométrique dans l'espace et dans le temps.....	39
IV.5.3. Conclusion.....	39
IV.6. Caractéristiques Hydrodynamiques	43
IV.6.1.Introduction.....	43
IV.6.2.Les essais par pompage.....	43
IV.6.2.1. Puits 11.....	43
IV.6.2.1.1. Calcul et interprétation des paramètres hydrodynamiques.....	43
IV.6.2.2.puits 8.....	45
IV.6.2.2.1. Calcul et interprétation des paramètres hydrodynamiques.....	45
IV.7.Conclusion	46

V. Etude Hydrochimique

V.1.Introduction	
V.2.Choix des paramètres étudiés	48
V.3.Echantillonnage	48
V.4.Méthodes d'analyse	48
V.4.1.Mesure in situ	48
V.4.1.1.Température, pH, potentiel Redox(EH)	48
V.4.1.2.Conductivité Electrique (CE), Salinité	48
V.4.1.3.L'oxygène dissous (O ₂)	48
V.4.2.Analyse des éléments chimiques (au laboratoire)	
V.4.2.1.Les bicarbonates (HCO ₃ ⁻), la dureté totale TH (Ca ⁺² +Mg ⁺²), les Chlorures (Cl ⁻), le calcium (Ca ⁺²), les nitrates (NO ₃ ⁻), l'ammonium (NH ₄ ⁺) et le titre alcalimétrique TA.....	48
V.4.2.2.Le nitrite (NO ₂ ⁻), le sulfate(SO ₄) et le phosphate (P ⁻² O ₄)	48
V.4.2.3.Le sodium (Na ⁺), le potassium (K ⁺).....	48
V.4.2.4.Les métaux lourds (Pb, Cr, Fer, Zn et Cu)	49
V.4.2.5.LaTurbidité.....	49
V.4.2.6.La demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO ₅)	49
V.4.2.7.La demande chimique en oxygène (DCO)	49
V.4.3.Les analyses bactériologiques (au niveau de laboratoire).....	49

V.5. Caractérisation chimique du Lixiviat de la décharge de ZefZef.....	49
V.5.1.Résultats.....	49
V. 5.1.1.Température.....	49
V. 5.1.2.pH.....	49
V.5.1.3.Potentiel d'oxido réduction (Eh)	49
V.5.1.4. Conductivité électrique.....	49
V.5.1.5. Salinité.....	49
V.5.1.6. Oxygène dissous(O ₂)	49
V.5.1.7. Turbidité.....	50
V.5.1.8. Les éléments inorganiques.....	50
V.5.1.9. Les éléments azotés	50
V.5.1.10. Les Matières organiques DBO ₅ et DCO.....	50
V.5.1.11.Les éléments métalliques.....	50
V.5.1.12.Le éléments bactériologiques.....	51
V.5.2. Discussions générales.....	52
V.5.3.Conclusions.....	53
V.6. Traceurs de la contamination des eaux souterraines.....	54
V.6.1. Introduction.....	54
V.6.2.Variation des paramètres physiques	54
V.6.2.1. la conductivité électrique.....	54
V.6.2.2. La salinité.....	54
V.6.2.3.Le PH.....	57
V.6.2.4.La température.....	57
V.6.2.5.Le potentiel d'oxydoréduction (Eh).....	57
V.6.2.6. L'oxygène dissous (O ₂).....	57
V.6.2.7. Turbidité.....	57
V.6.3. Variations des éléments chimiques.....	63
V.6.3.1.les chlorures.....	63
V.6.3.2. Les sulfates	64
V.6.3.3. Les bicarbonates.....	65
V.6.3.4.Le Sodium et le Potassium.....	65
V.6.3.5.Magnésium	66
V.6.3.7. L' Ammonium NH ₄ , NO ₃ et NO ₂	67
	68

V.6.3.8. La matière organique.....	
V.6.3.9. Les métaux lourds.....	68
V.6.3.9.1. Le Chrome.....	68
V.6.3.9.2. Le Cuivre.....	68
V.6.3.9.3. Le Plomb.....	68
V.6.3.9.5. Le Zinc.....	69
V.6.3.9.4. Le Fer.....	69
V.6. 4. Conclusions.....	70
Conclusion générale.....	71

Liste des Tableaux

page

Tableau. 1 : Répartition des différents types de roches dans le Sous-Bassin Versant de l'oued Zeramna.....	09
Tableau. 2 : Les différents types de site de décharges (A.N.R.E.D., 1986).....	17
Tableau.3 :Variation des précipitations annuelles à la station de Skikda port (2005/2006).....	24
Tableau. 4 : Les caractéristiques pluviométriques observées à la station de Skikda Port (1984/1985-2005/2006).....	25
Tableau. 5 : Les précipitations moyennes mensuelles à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006).....	25
Tableau. 6 : L'humidité relatives de l'air moyennes mensuelles à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006).....	26
Tableau. 7 : L'Insolation moyennes mensuelles à la station de Skikda (port) (1984/1985-2005/2006).....	26
Tableau. 8 : Les vents moyennes mensuelles à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006).....	26
Tableau. 9 : Les température moyennes mensuelles à la station de Skikda(Port) (1984/1985-2005/2006).....	27
Tableau. 10 : Les déférents paramètres du bilan hydrique.....	30
Tableau. 11 : Le bilan Hydrique selon C .W.Thornthwaite à la station de Skikda (port) (1984/1985-2005/2006).....	31
Tableau. 12 : résultats des calculs de ruissellement par la Formule de Tixeront Berkallof.....	33
Tableau. 13 : résultats des Calculs de l'infiltration efficace par la Formule de bilan hydrique.....	34
Tableau. 14 :L'inventaire des forages.....	35
Tableau. 15 : Classification des métaux dans l'environnement suivant leur toxicité (Giannissis, 1980).....	51
Tableau. 16: Composition physico-chimique et bactériologiques du lixiviat de la décharge de ZefZef (Juin et Novembre 2006).....	52

Liste des figures

	page
Fig. 1 : Situation géographique régionale de la zone d'étude.....	02
Fig. 2 : Situation géographique local de sous-bassin versant	03
Fig. 3 : Carte structurale d'après J.M.Vila.....	06
Fig. 4 : Carte géologique et structurale de la zone d'étude.....	07
Fig. 5 : Les grandes catégories de déchets (l'A.G.H.T.M., 1992).....	16
Fig. 6 : Présentation de la composition moyenne des ordures ménagères.....	20
Fig. 7 : Situation de centre d'enfouissement technique(CET).....	21
Fig. 8 : Variation des précipitations annuelles à la station de Skikda port(1984/1985-2005/2006).....	24
Fig. 9 : Variation des Précipitations moyennes mensuelles à la station de Skikd(Port) (1984/1985-2005/2006).....	25
Fig. 10 : variations des températures moyennes mensuelles à la station de Skikda (port) (1984/1985-2005/2006).....	27
Fig. 11 : Diagramme pluviothermique (p=2t) à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006).....	28
Fig. 12 : Cycle de l'eau.....	29
Fig. 13 : Bilan Hydrique selon C .W.Thornthwaite à la station de Skikda (port).....	32
Fig. 14 : Carte d'inventaire des puits et des forages.....	36
Fig.15 : Coupe hydrogéologique dans la plaines d'El Hadaiek.....	38
Fig. 16 : Variation temporelle et spatiale du niveau piézométrique.....	40
Fig. 17 : Carte piézométrique de mois de Juin 2006.....	41
Fig. 18 : Carte piézométrique de mois de novembre2006.....	42
Fig. 19 : Courbe de descente de puits 11.....	44
Fig. 20 : Courbe de remonte de puits 11.....	44
Fig. 21 : Courbe de descente de puits 8.....	45
Fig. 22 : Courbe de remonte de puits 8.....	46
Fig. 23 : Situation des points du prélèvement	47
Fig. 24 : Variation de la Conductivité Electrique (Nov 05-Nov 06).....	55
Fig. 25 : Variation de la Salinité (Nov 05-Nov 06)	56
Fig.26 : Variation de pH (Nov 05-Nov 06)	58
Fig.27 : Variation Température (Nov 05-Nov 06)	59
Fig.28 : Variation de Eh (Nov 05-Nov 06)	60
Fig.29 : Variation de O ₂ dissous (Nov 05-Nov 06)	61

Fig.30 : Variation de Turbidité (Nov 05-Nov 06)	62
Fig.31a: Corrélation entre la conductivité électrique et les chlorure au mois de Juin et Novembre respectivement.....	63
Fig. 31b: Variation des teneurs des Chlorures aux mois de Juin et Novembre.....	64
Fig. 32: Variation des teneurs des Sulfates aux mois de Juin et Novembre.....	65
Fig. 33 : Variation des teneurs des Bicarbonates aux mois de Juin et Novembre.....	65
Fig. 34 : Variation des teneurs de Na ⁺ et K ⁺ aux mois de Juin et Novembre.....	66
Fig. 36 : Variation des teneurs de Calcium aux mois de Juin et Novembre.....	67
Fig. 37 : Variations des nitrates, nitrites et ammonium au mois de Novembre.....	67
Fig. 38 : Teneurs de la matière organique dans les puits.....	68
Fig.39 : Variation des Métaux dans les eaux des puits.....	69

INTRODUCTION GENERALE

Actuellement, l'augmentation de la production des déchets va de pair avec le développement économique, l'essor démographique, l'urbanisation et l'amélioration du niveau de vie de chaque pays. C'est un problème mondialement connu.

Les déchets solides engendrent des effets négatifs directs et indirects, liés à la quantité des déchets, à leur évacuation et à leur traitement dans de bonnes conditions.

Actuellement, ils sont à l'origine de graves nuisances pour l'environnement et pour la santé humaine. Les eaux superficielles et souterraines constituent les ressources naturelles les plus touchées par la pollution engendrée par les déchets solides.

Dans ce cadre et afin d'évaluer les risques encourus par le milieu naturel, en zone de décharge contrôlée compactée de la ville de Skikda, ce travail a établi pour la recherche de la contamination des eaux souterraines par la décharge publique.

Pour répondre à ces objectifs, plusieurs méthodes et outils scientifiques ont été utilisés : la géologie, le fonctionnement de la décharge, l'hydrogéologie, l'hydroclimatologie, et l'hydrochimie.

Pour expliquer le phénomène de la contamination des ces eaux souterraines par le lixiviat, plusieurs campagnes de mesure piézométriques et d'analyses géochimiques des eaux souterraines et du lixiviat de la décharge, ont été réalisés dans le cadre de cette étude.

Le premier chapitre traite le contexte général (situation géographique et géologique), le deuxième chapitre est un résumé sur les déchets solides et la mise en décharge, le troisième chapitre sur l'hydroclimatologie, le quatrième sur l'hydrogéologie et le dernier sera sur l'hydrochimie des eaux du lixiviat et des eaux souterraines.

CHAPITRE I
Cadre géographique et géologique

I. Caractéristiques géographiques et géologiques

I.1. Le cadre géographique

I.1.1. Situation Régionale

La région de Skikda est située dans le Nord-Est Algérien sur une totalité de la frange tellienne, entre 6° 35' Nord.

Elle est limitée par :

La mer méditerranée au Nord.

La wilaya de Constantine au Sud.

La wilaya d'Annaba à l'Est.

La wilaya de Jijel à l'Ouest.

I.1.2. Situation locale

Le sous bassin versant de l'oued Zeramna est situé au Nord-Ouest du bassin versant de l'oued Saf-Saf dont ces latitudes sont : 36°-37° Nord et les longitudes sont : 6°30 et 7°.

Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la commune d'El-Hadaeik, à l'Ouest par Djebel Ksir-Sasi et à l'est par l'oued Saf-Saf, ainsi que les communes de Hamadi Krouma et Hamrouch Hamoudi.

I.2. Superficie et Population

La région de Skikda s'étend sur une superficie de 5673 ha et la population actuelle est d'environ 178 247 habitants (2006) avec un taux d'accroissement de 1.72 %.

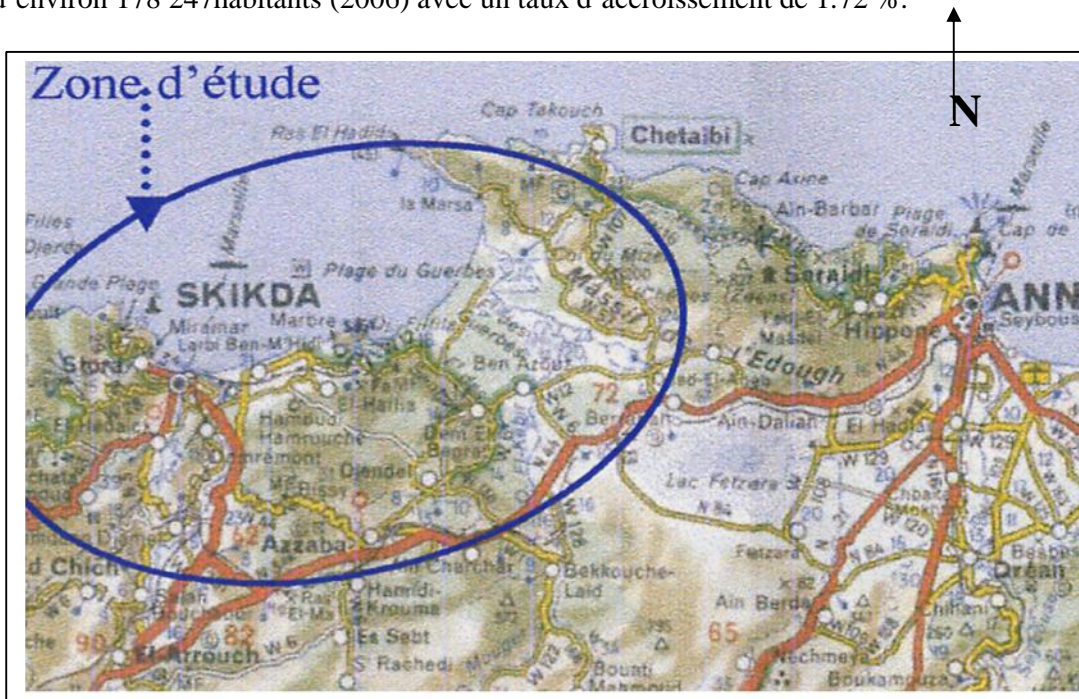


Fig. 1 : Situation géographique régionale de la zone d'étude

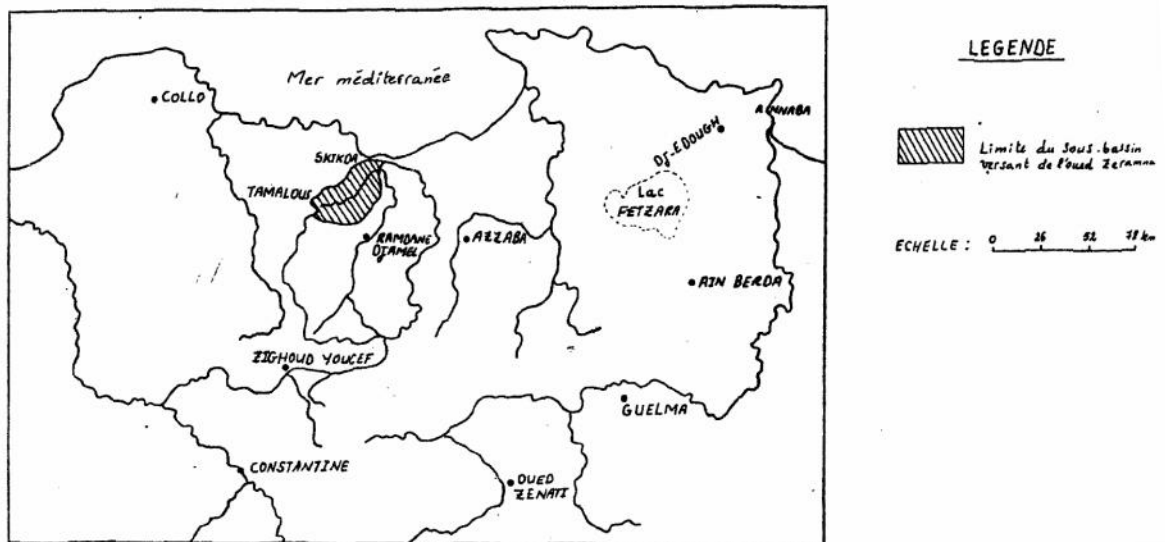


Fig. 2 : Situation géographique local de sous-bassin versant

I.3. Le cadre géologique

I.3.1. Le cadre régional

Le cadre structural est très complexe, on peut définir par la superposition de plusieurs unités structurales, on distingue :

I.3.1.1. Le socle kabyle (paléozoïque)

C'est un ensemble de formation métamorphique (gneiss, schistes et phyllades) apparaissant au Nord de la dorsale.

Le socle kabyle se compose uniquement de schiste et micaschiste, ces terrains anciens datent du précambrien et ont subi divers plissements au paléozoïque

I.3.1.2. La dorsale Kabyle ou (chaîne calcaire)

C'est la couverture permo-triassique d'une série paléozoïque elle-même collée sur un socle métamorphique à base de phyllades.

La stratigraphie est composée de quatre formations principales, les couches (permo-triassique).

Au dessus de ces deux formations vient le Domérien et le Lias supérieur, composés de calcaires marneux jaunâtre à silice sombre.

I.3.1.3.La série massylienne

C'est une série de flyschs très variés, elle passe du flysch schisto-quartziteux (crétacé inférieur) au flysch sénonien.

I.3.1.4.La série oligo-miocène

Elle recouvre de manière Discordante le socle Kabyle et comprend un ensemble conglomératique et grés-micacé, elle est datée de l'oligocène terminal.

I.3.1.5.La série numidienne

C'est une série très épaisse caractérisée par des banes de grés quartziteux surmontant des argiles vari colores.

I.3.1.6.Le Quaternaire

Sa répartition géographique, résultats de dépôts alluviaux et colluviaux, suit les traces de l'oued Saf-Saf et de ses affluents.

I.3.2.Le cadre local

Le cadre local, nous nous limitant à la description des formations géologiques qui affleurent dans notre zone d'étude.

Le sous -bassin versant de l'oued Zeramna présente plusieurs ensembles du point de vue géologique qui s'insèrent entièrement dans l'Atlas Tellien.

I.3.2.1.Terrains sédimentaires

-Les alluvions actuelles

Ce sont des plages de limons du lit majeur du Saf-Saf, du Zeramna et de la plaine marécageuse formée par le confluent de ces deux oueds.

-Les alluvions récentes :

Ce sont des limons et de cailloux roulés du fond de vallées.

-Les alluvions anciennes des vallées :(niveau inférieur)

Ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés de 20m et moins c'est le lit actuel de Saf-Saf et de Zeramna.

-Grès de numidie:

Ce sont des grés jaunâtre à grains fins, ou l'on observe à différents niveaux de minces lits argilo-sableux, ils forment le couronnement de quelques uns des mamelons qui accidentent le cirque de Tamalous et occupent toute la moitié Sud du Djebel Soubouyou.

-Argiles et grés : (numidien inférieur)

Ce sont des argiles noires renfermant de minces lits de grés jaunes, à la base de la formation précédente dans le fond du cirque de Tamalous et dans le Djebel Soubouyou.

-Poudingues et Grés

Les éléments des poudingues sont des cailloux de gneiss, de schistes et surtout de quartz argileux assez irrégulièrement des assises gréseuses ou argileuses la puissance de l'ensemble varie de 10 à 50m. Bien développés en bordure du cirque de Tamalous et dans le Djebel de Soubouyou. Les terrains de ces poudingues se retrouvent à l'inférieur du massif ancien dans la basse vallé de l'oued Bibi près d'El-Hadaiek, au cimetière de Skikda et à la ferme Barrot, leur extension indique clairement que le sous-sol du Sahal quaternaire de Skikda est formé par les argiles, aussi les limons de cette dépression sont-ils fortement argileux au point de permettre leur exploitation comme terre à brique.

I.3.2.2.Terrain métamorphique

-Schistes et phyllades

Ce sont des grés bleuâtre, argileux, talqueux, sericiteux ou satinés, recoupés de nombreux filonnets, souvent lenticulaire de quartz laiteux.

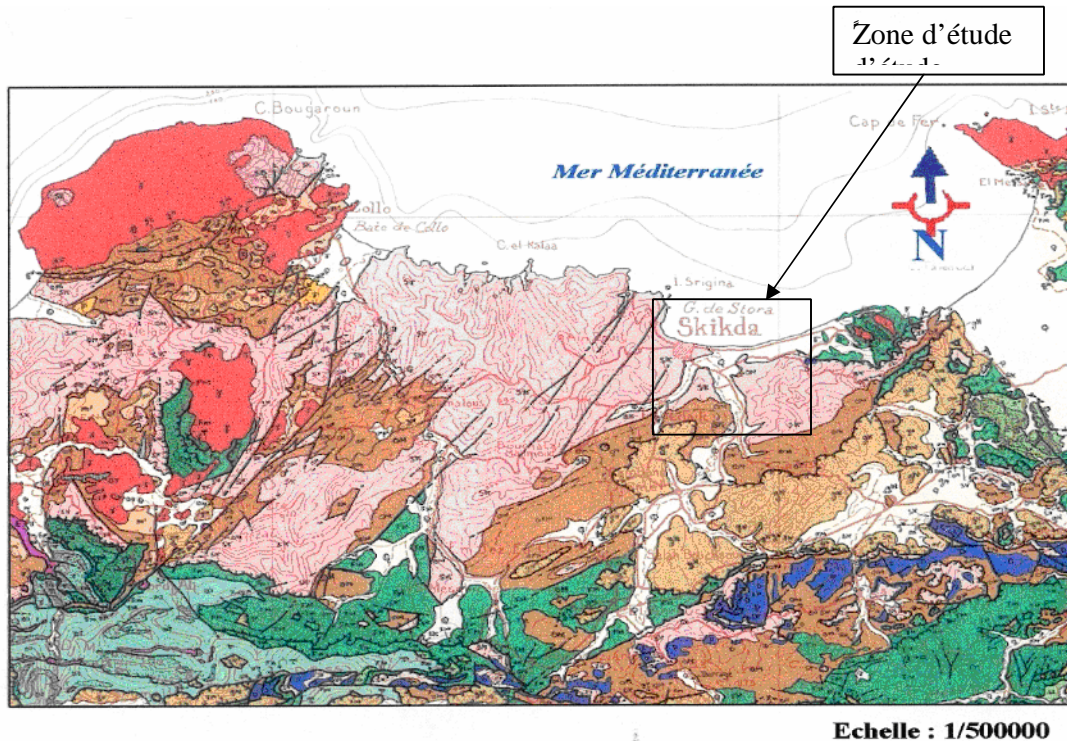
Ces roches forment une grande partie des Djebel Habia, Soubouyou, Skikda et Bon- yala à l'Est et au Sud de Skikda.

-Micaschistes granulitisés (gneiss schisteux)

Alternant parfois avec des micaschistes et formant le terme de passage des vrais gneiss aux micaschistes ou aux schistes micacés.

-Micaschistes granulitisés (gneiss glanduleux)

Constituent la partie principale du massif de Skikda et en particulier toute la région des crêtes entre la mer et l'oued Guebli.



Légende :

ROCHES ERUPTIVES RECENTES

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

SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE

Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes à flyschs résédimentés (y compris le Numédien) et flyschs en position nord-kabyle (F').

CHAÎNE CALCAIRE : Paléozoïque à Lutétien supérieur des zones internes, médiane et externe.

SK-Socle métamorphique de petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres).

NAPPES TELLIENNES

NAPPES TELLIENNES S.S.

T. UNITES TELLIENNES NON DIFFERENCIÉES PARFOIS REDUITES A LEUR EOCENE DE COLLE.

TRIAS EXOTIQUE OU EXTRUSIF

Argiles, gypses broyés et glaçons calcaro-dolomitiques.

NAPPE NUMIDIENNE

Grès numédiens et séries mixtes.

ROCHES RECENTES ET CYCLES POSTERIEURS AU BURDIGALIEN INFÉRIEUR.

Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).

Pliocène marin des zones côtières.

NAPPES DE FLYSCHS KABYLIES. FLYSCHS MAURETANIENS

Séries internes d'Aïn Naceur, de Sidi Rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taleb, de la Robertseau (Souk es Sebt) et de la Marsa. Séries médianes de Guerrouch, d'El Kam, de Khorchef, de Ghezala et du Sud d'Aïn Berda (Penthièvre) Séries externes (ex-"Medjan") et séries atypiques de Tamalous, du Kef Mezzouch et de Ziâne.

Fig. 3 : Carte structurale d'après J.M.Vila

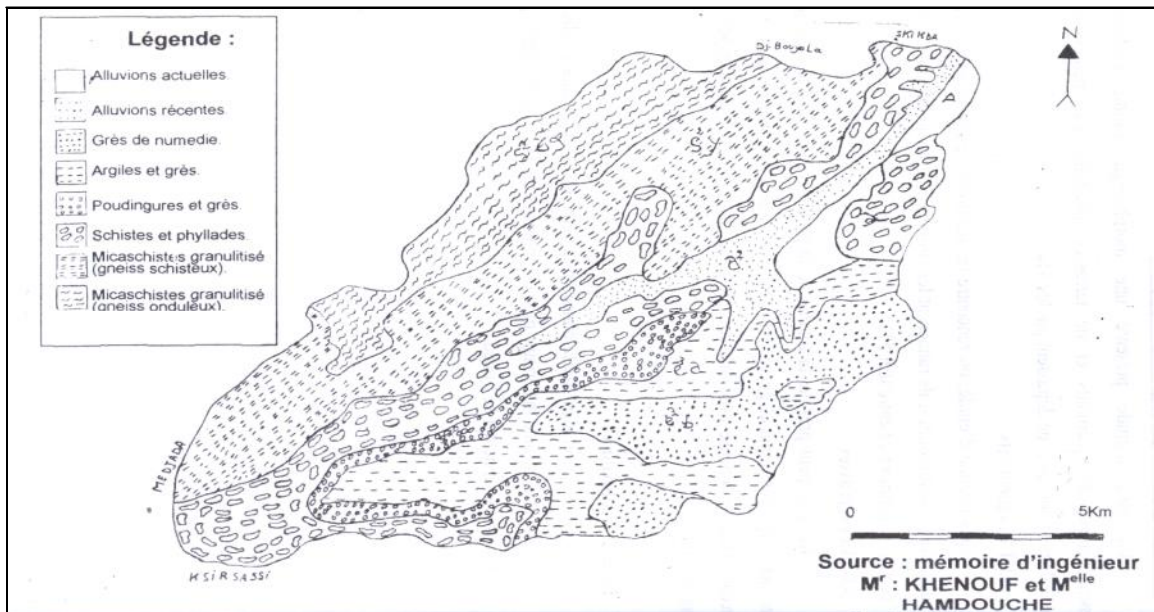


Fig. 4 : Carte géologique et structurale de la zone d'étude

I.3.3.La tectonique

Les phases tectoniques les plus importantes sont :

I .3.3.1.Les mouvements tectoniques précoces (crétacé paléocène)

On y remarque que la dorsale kabyle (Dj Rhgdir) est affectée par de nombreuses petites failles durant le Jurassique et le Néocomien -Barrémien, l'action de Ces mouvements s'étend aussi au niveau de la dorsale médiane (Dj Bouabed et Dj Bougrina), elle est entourée par le Flysch Mauritanien (Flyschs kabyles) et présente deux importantes failles, l'une d'une grande extension nord-est, sud-ouest et l'autre d'une plus faible importance orientée nord-ouest, Sud-est.

La dorsale externe (Tengout) a été fortement tectonisée pendant la Turonien Cénomacien , une partie de la dorsale externe est charriée sur la série du Rhgdir.

-La phase fini - lutétienne (lutétien supérieur – Priabonien supérieur)

Elle s'est produite au bord Nord de la dorsale externe du Djebel Tengout et du Djebel Rhedir. Cette phase est caractérisée par une tectonique tangentielle qui est post paléogène.

-La phase finie -oligocène et miocène (oligocène terminal -aquitanien)

Elle est caractérisée par de nombreux plis et failles cette phase est responsable de l'accident d'EL Kantour et de la position de la série de Fil –Fila. De cette importante tectonique résultent de nombreuses failles donnant naissance a plusieurs sources et cours d'eau qui drainent le bassin versant de l'oued Zeramna.

I.3.4.Conclusion

D'après l'étude géologique, nous pouvons dire que la zone d'étude est dominée par des schistes, micaschistes et gneiss, ce qui confère à la région, des sols riches en limons et en argiles cette lithologie est reflétée du point de vue pédologique par des sols caractérisés par une texture passant du limon au limon argileux et une répartition des sables fins et argiles qui montrent le caractère alluvial de ces sols.

I .4.Ensemble lithologique et formation superficielle

Le sous-bassin versant de l'oued Zeramna présente une variété de Faciès allant des roches les plus dures représentées essentiellement par les roches gréseuses aux roches moyennement dures En se basant sur la lecture de la carte lithologique et en tenant compte de la réaction de chaque faciès, on a procédé à une homogénéisation des affleurements qui présentent plus au moins les mêmes comportements vis-à-vis de l'érosion

Les ensembles retenus peuvent être regroupés en trois ensembles

-Les roches dures.

-Les roches moyennement dures.

-Les formations superficielles

I.4.1.Les roches dures

Elles sont composées de micaschistes et des grès Numidiens, elles caractérisent les reliefs les plus importants avec fortes pentes représentées par Djebel Messioune, d'altitude 381m, Kef El Mezzaoudj et les koudiets affleurant à l'ouest ainsi qu'au sud-est du sous bassin, ces faciès couvrent respectivement 34.46 % et 11.34% de la surface de l'ensemble des affleurements rocheux.

I.4.2.Les roches moyennement dures

Elles correspondent aux roches (argiles et grés). (Schistes et phyllades) et (poudingue et grés), cet affleurement est localisé surtout au Sud de la plaine d'El Hadaiek, occupant des surfaces considérables (45.94% de la surface totale) et présentant des pentes moyennes à assez fortes.

I.4.3.Les formations superficielles

Elles sont représentées par les alluvions fluviales des terres submersibles des basses terrasses ainsi que les alluvions anciennes, des éboulis et des dépôts de pentes, ces formations occupent de faibles étendues (8,24 %) à épaisseur mince et se situent surtout sur les rebords de l'oued Zeramna, elles montrent des pentes faibles moyennes.

Tableau. 1 : Répartition des différents types de roches dans le Sous-Bassin Versant de l'oued Zeramna

Ensemble	Roche	Sup (Km ²)	%
Roches dures	Grés de numidie	1 4,77	11,34
	micaschistes	44.89	34.46
Roches moyennement dures	Poudingue et grès	7.78	5.97
	Argile et grés	17.91	13.75
	Schistes et phyllades	34.15	26.22
Formations superficielles	Alluvions anciennes	1.87	1.43
	Alluvions récentes	8.87	6.81

I.4.4.Conclusion

L'ensemble du cadre lithologique et des formations superficielles révèle une grande hétérogénéité de faciès juxtaposés en roche de réactions différents vis-à-vis de l'érosion, Ces roches sont le siège d'une érosion soit par mouvements de masse, ou par décapage. L'existence des formations superficielles favorise l'activité agricole.

I.5.Analyse et identification du relief

I.5.1.Le cadre régional

La vallée de SKIKDA est traversée par l'oued Saf-Saf d'où son nom la Vallée de Saf-Saf. Durant le plio- quaternaire. l'oued a creusé son lit dans les anciennes nappes charrières de Flyschs.

Sa partie Nord est denturée par le socle kabyle, et la dorsale Kabyle au Sud. Les parties Est et Ouest sont limitées par des montagnes gréseuses de faibles altitudes. Faisant suite à Ces montagnes, arrivent les collines qui se rattachent à la zone d'apport alluvial par les piémonts.

I.5.1.1.Les Djebels

A l'Est nous avons le massif de Fil Fila (586 m) constituée de gneiss et marbres, et à l'Ouest le massif de Messioun (500 m).

Ces massifs sont couverts par des maquis méditerranéens et se rattachent à la plaine alluviale par des petits piémonts à forte pente 12 à 25, les Djebels qui s'alignent longitudinalement de part et d'autre de l'oued Saf-Saf sont dits Kefs, leur altitude varie entre 400 et 700 m, ce sont en général des formations tertio-secondaires argilo-gréseux.

I.5.1.2. Les collines

Sont appelées Koudiates, ont une formation gréseuse, leur altitude dépasse les 300 m. Ces collines sont situées aux pieds des montagnes et font fonction avec les plaines alluviales. La plupart de ces formations sont attaquées par l'érosion.

I.5.1.3. Les piémonts

Dans notre région nous rencontrons deux types de piémonts :

- Les grands piémonts qui sont rares et font la jonction entre la chaîne calcaire et la plaine alluviale du Saf-Saf au niveau d'El Harrouch. Leur longueur est comprise entre 500 m et 1000 m et leur pente n'excède pas les 7%.
- Les piémonts de bas versants, sont de dimensions plus réduites et les pentes sont plus importantes. Ils rattachent les collines à la plaine alluviale du Saf-Saf, leur pente est variable et rarement inférieur à 5 %.

I.5.1.4. La plaine alluviale

Cette plaine renferme trois principaux types de terrasses :

-Les terrasses anciennes et moyennes

Il est très difficile de séparer ces deux types de terrasses plio-quadernaire. (Dulil, 1958 in Bensaïd 1986) considère ces terrasses comme des formations du quadernaire ancien. Parmi ces terrasses, nous citons celles d'El Harrouch sur lesquelles se sont formés des sols évolués, celles de Salah bouchaour qui sont le support d'inceptisols et celles de l'oued Zeramna celui des Mollisols.

-Les terrasses récentes

Ces terrasses d'âge Pleistocène-Holocène, sont réparties tout le long de l'oued (0-4%). La couleur caractéristique est brun foncé, leur texture est très variable suivant les dépôts en place.

I.5.1.5. Les alluvions :

Ils s'accumulent sur la plaine où la pente est nulle ou quasi nulle et correspondent aux matériaux fins (sable) qui forment le lit actuel de l'oued.

I.5.2. Le cadre local

La zone d'étude présente une morphologie simple constituée essentiellement des piémonts, terrasses alluviales. Les pentes sont généralement douces et ne dépassent pas les 5%.

I.5.2.1. Les piémonts

Dans la zone d'étude nous rencontrons les piémonts de bassin-versant, leur dimension est réduite, ils rattachent les collines à la plaine alluviale. Leurs pentes sont comprises entre 0 et 5%.

I.5.2.2. Les terrasses récentes

Elles occupent presque la totalité de la zone d'étude, elles sont caractérisées par une pente qui ne dépasse pas 1%, une couleur brun foncé et beige foncé, la texture des sols a une dominance limoneuse.

I.5.3. Les unités structurales

Du Sud au Nord, trois principales unités sont situées entre le dorsale et le socle kabyle

I.5.3.1. Le synclinal d'El-Harrouch

C'est un pli à grande amplitude dont le plan axial est parallèle à la chaîne calcaire. Son flanc sud constitue la partie externe de cette chaîne, on y trouve des flyschs de l'oligo-miocène forme de conglomérats et de grés micacé, le noyau du synclinal, ainsi qu'une partie du Flanc Nord est constituée de Flyschs massyliens et mauritaniens (minoritaire) surmontant la série de l'oligo-miocène.

I.5.3.2. Le synclinal de Ramdane Djamel

Il est formé par la succession de deux Flyschs massyliens Oligo-Miocène et du numidien. La partie axiale du synclinal est fleurée par les différents Flysch qui se présentent sous formes de conglomérats et grés micacés.

I.5.4. Conclusion

La zone d'étude présente une morphologie dominée par les terrasses alluviales d'âge mal connu, la pente ne dépasse pas les 3 %, il y a formation des dépôts récents des matériaux apportés par les eaux, il s'agit des sols alluviaux (sols peu évolués d'apport).

Une telle morphologie du terrain est favorable à l'accumulation par alluvionnement et la présence en général d'une nappe phréatique à fortes oscillations. Cette nappe se traduit sur le plan pédologie par une activité biologique intense, avec une évolution rapide de la matière organique ce qui confère à ces sols un grand intérêt agricole et économique.

CHAPITRE II

Fonctionnement de la décharge

II.Fonctionnement de la décharge

II.1. Définitions des déchets

La notion de déchets peut être définie de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état du déchet.

L'O.M.S (1983) a défini un déchet, comme étant quelque chose que son propriétaire ne veut plus, en un certain lieu et en un certain moment, et qui n'a pas de valeur commerciale, courante ou perçue (Nabritz et Casimir, 1991).

On considère comme «solide» un déchet qui est pelletable et comme «liquide » un déchet qui est pompable. De façon générale, au-delà d'une teneur en eau de 95 %, un déchet est liquide (A.G.H.T.M, 1992).

II.2. Classification des déchets

L'A.G.H.T.M en 1992, a établi une classification très détaillée des déchets en se basant sur la responsabilité de leur élimination. Ainsi, elle a classé les déchets en cinq catégories (Fig.5).

II.2.1. Déchets urbains

Ils correspondent aux déchets dont l'élimination est prise en charge par les communes et les collectivités locales.

II.2.1.1. Déchets des ménages

II.2.1.1.1. Ordures ménagères

Ce sont les déchets que les ménages peuvent évacuer grâce au ramassage habituel. Ils sont essentiellement composés de matières organiques (déchets ordinaires provenant de la préparation des aliments), papiers-carton, verres, plastiques, métaux, textiles, composites (bois, cuir, caoutchouc), cendres, ainsi que d'autres déchets tels que ceux qui proviennent du nettoyage, débris de vaisselle....

II.2.1.1.2.Déchets encombrants

Ils sont divers, caractérisés par le fait qu'ils ne peuvent pas être facilement évacués avec les ordures ménagères tels que les appareils ménagers (cuisinières, réfrigérateurs...), emballages de grande taille...

II.2.1.1.3. Déchets de jardinage

Il s'agit de déchets provenant des tontes de pelouse, tailles...

II.2.1.1.4.Déchets spéciaux des ménages

Ce sont des déchets qui entrent dans la catégorie des déchets ménagers mais qui présentent un danger certain sur l'environnement. Les catégories les plus courantes sont les piles, les restes

des produits chimiques ménagers, médicaments périmés, les chlorofluorocarbures (réfrigération, climatisation, bombes aérosols,...)...

II.2.1.2. Déchets des activités économiques

Ce sont les déchets issus des activités économiques ou des établissements collectifs et utilisant les mêmes circuits de collecte que les déchets des ménages.

II.2.1.2.1 Déchets assimilables aux ordures ménagères

Ils sont de même nature que les ordures ménagères tels que les emballages papiers-carton, plastiques...

II.2.1.2.2. Déchets de travaux et de bricolage

Ils se présentent généralement sous forme de déblais et gravats, bois traité, déchets métalliques, plastiques...

II.2.1.2.3. Déchets liés à l'automobile

Ce sont les pièces et les produits usagés que le particulier change lui-même (pneus, huile de vidange...), véhicules hors d'usage....

II.2.1.2.4. Déchets toxiques en quantités dispersées

Ce sont des déchets contenant des produits toxiques tels que les produits de peinture, les matériaux de construction des routes (goudrons...),...

II.2.1.3. Déchets de nettoyage

Il s'agit des déchets récoltés au travers de l'entretien du domaine public (parcs, espaces verts, voiries, foires...). Ils sont essentiellement constitués par des déchets de consommation, élagages d'arbres, emballages divers...

II.2.1.4. Déchets de l'assainissement

Ils proviennent du curage ou de traitement des eaux usées collectées : déchets d'entretien, déchets des stations d'épuration, résidus d'installation de pré-traitement...

II.2.2. Déchets des entreprises

Il s'agit des déchets produits par les entreprises industrielles, commerciales et artisanales dont l'élimination est incombée à ces établissements.

II.2.2.1. Déchets inertes

Ils sont essentiellement constitués par les déblais et gravats ainsi que de déchets minéraux provenant des activités d'extraction minière.

II.2.2.2. Déchets banals

Ce sont des déchets assimilables aux ordures ménagères et qui utilisent les mêmes filières d'élimination que ces dernières.

Il s'agit essentiellement de déchets constitués de papiers, cartons, plastiques, bois, emballages, verres, matières organiques.

II.2.2.3. Déchets spéciaux

C'est l'ensemble des déchets qui contiennent, en fonction de l'activité économique productrice, des substances qui justifient des précautions particulières lors de leur élimination. Ils peuvent être de nature très différente : déchets organiques solides ou liquides, déchets minéraux liquides ou semi-liquides, déchets minéraux solides. Parmi ces déchets, nous pouvons citer les déchets spéciaux dangereux ou toxiques qui contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et qui présentent plus de risques pour le milieu naturel.

II.2.2.3.1. Déchets dangereux ou toxiques

Ils contiennent en quantité très importante des substances potentiellement toxiques présentant ainsi des risques pour l'environnement, par exemple les bains de traitement de surface, les sels de trempes arséniés...

II.2.2.3.2. Déchets toxiques industriels en quantité dispersée

Ce sont des déchets produits en faible quantité par les laboratoires, les industries artisanales, les imprimeries... Ils comprennent les laques de vernis, les peintures, les colorants, les déchets de laboratoires...

II.2.3. Déchets hospitaliers

Ce sont les déchets qui proviennent des hôpitaux, cliniques, dispensaires, services vétérinaires, laboratoires biologiques....

II.2.3.1. Déchets domestiques

Il s'agit des déchets assimilables aux ordures ménagères tels que les déchets des lieux d'hébergement produits en dehors des zones d'hospitalisation et de soin, déchets de restauration et de cantines, déchets d'administration, déchets de jardinage appelés aussi déchets verts...

II.2.3.2. Déchets spécifiques

Ce sont les déchets particuliers à l'activité hospitalière et qui ne sont pas contaminés tels que : pansements non septiques, plâtres, couches, déchets des malades non contagieux, déchets autoclavés....

II.2.3.3. Déchets à risque ou contaminés

Ils correspondent aux déchets infectieux et provenant des services de chirurgie, d'obstétrique, de gynécologie, de laboratoires, de maladies infectieuses...

Dans cette catégorie, sont aussi rangés des déchets qui ne sont pas infectieux au sens clinique du terme mais qui ne peuvent être mélangés aux déchets spécifiques en raison principalement de nuisances visuelles et de l'impact psychologique qu'ils représentent pour la population ou le personnel de manutention tels que les membres amputés, petits déchets anatomiques, placenta, les déchets de dialyse....

II.2.3.4. Déchets hospitaliers toxiques en quantité dispersée

Ce sont les déchets contenant du mercure, déchets de laboratoires, anciens médicaments, déchets de radiologie....

II.2.4. Déchets agricoles

Ils proviennent des exploitations agricoles, des élevages ou des industries agro-alimentaires artisanales.

II.2.4.1. Déchets liés à l'exploitation

Ils se présentent sous forme de déjections d'élevages (fumiers, lisiers..), déchets de cultures et d'exploitation des forêts, résidus de production (écarts de triage et produits de parage)...

II.2.4.2. Déchets des industries agro-alimentaires

Ce sont des rejets et des déchets de triage, carcasses et déchets des abattoirs, rebuts de conserverie, refus des laiteries et fromageries, déchets forestiers et de scieries, pulpes et mélasse des sucreries...

II.2.4.3. Déchets induits par l'exploitation agricole

Il s'agit de matières plastiques (emballages), huiles usagées et pneus, pièces mécaniques...

II.2.4.4. Déchets agricoles toxiques en quantité dispersée

Ils correspondent à la partie des déchets agricoles qui présentent une certaine toxicité pour l'environnement et pour l'Homme (contenants des pesticides, ...).

II.2.5. Déchets toxiques en quantité dispersée (D.T.Q.D)

Il s'agit des déchets toxiques produits en petites quantités par les particuliers, les artisans, les industries, les laboratoires et les agriculteurs.

II.2.5.1. Déchets de laboratoire

Ils concernent l'enseignement, l'industrie et le monde médical. Il s'agit des produits tels que les solvants, les acides, les bases...

II.2.5.2. Produits phytosanitaires

Il s'agit des emballages vides et des produits non utilisés (herbicides, insecticides, fongicides...)...

II.2.5.3. Déchets des ateliers

Ces déchets se présentent généralement sous forme de solvants, acides, bases, peintures, bains photographiques...

II.2.5.4. Déchets domestiques

Ils correspondent à des pesticides, solvants, huiles, acides, peintures, bains photographiques, bombes aérosols...

Responsable de l'élimination

Catégories de déchets

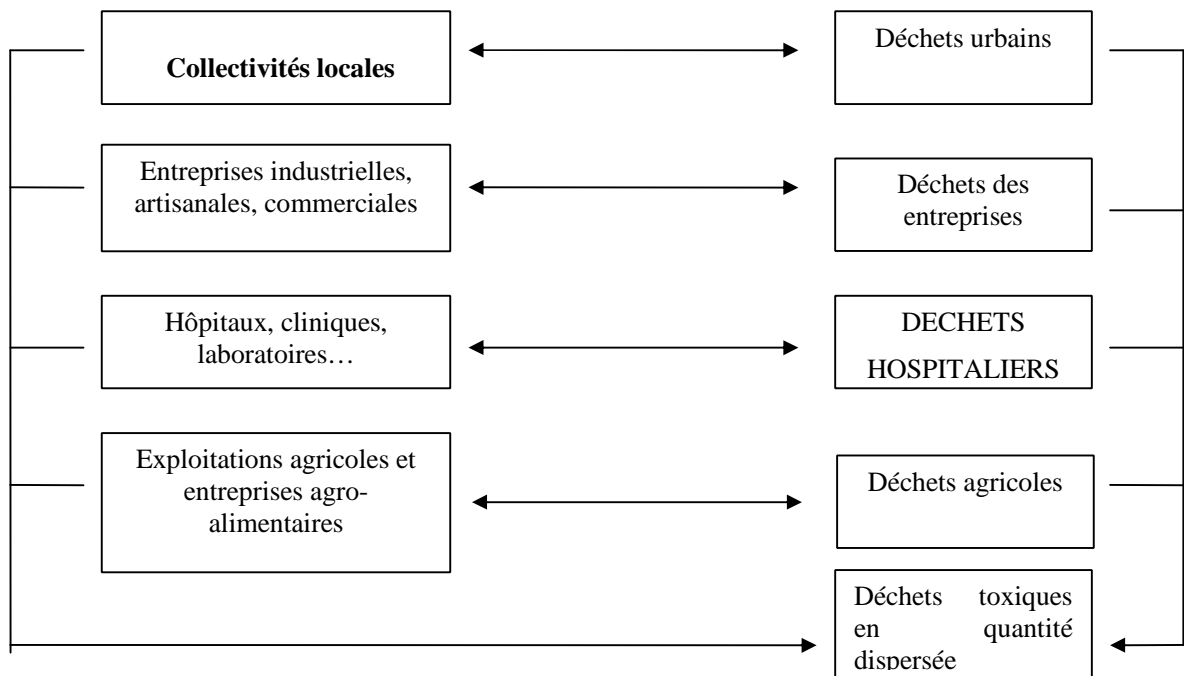


Fig. 5 : Les grandes catégories de déchets (l'A.G.H.T.M., 1992).

II.3. Classification des décharges

La classification des décharges est basée sur la valeur du coefficient de perméabilité (K) du sol du site choisi pour accueillir une décharge. Ce coefficient définit la vitesse de percolation des eaux dans un sous-sol. Ainsi, on distingue trois classes de site et chaque classe est désignée à recevoir un type bien spécifique de déchet (Tableau. 2). Les sites d'une classe peuvent recevoir les déchets de la classe inférieure.

II.3.1. Sites classe I

Il s'agit de sites étanches implantés sur des terrains d'ardoise, grès, schistes, ... Ils peuvent recevoir en plus des déchets ménagers, les déchets industriels spéciaux (DIS) ainsi que les déchets d'activité de soin à risque infectieux.

II.3.2. Sites classe II

Ce sont des sites semi-perméables comme les terrains sablo-argileux, les grès.... Ils ne peuvent recevoir que les déchets ménagers provenant de l'activité domestique ainsi que les déchets industriels et hospitaliers assimilables aux ordures ménagères (cas de la décharge étudiée)

II.3.3. Sites classe III

Il s'agit de sites perméables qui se laissent facilement s'infiltrer par les lixiviats. Ils sont retenus uniquement pour les déchets ménagers et les déchets inertes qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique.

Tableau. 2 : Différents types de site de décharges (A.N.R.E.D., 1986).

Catégorie du site	K (m.s ⁻¹)	Caractéristiques du site	Type de déchets
Classe I : site imperméable	$K \leq 10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> - Fond imperméable. - Aptitude à un façonnage garantissant les écoulements vers un point bas. - Aptitude à l'implantation d'un ouvrage de contournement évitant l'entrée des eaux superficielles. - Aptitude à une couverture en pente favorisant le ruissellement. 	Déchets ménagers + Déchets industriels spéciaux
Classe II : site semi-perméable	$10^{-9} \leq K \leq 10^{-6}$	<ul style="list-style-type: none"> Capacité du site à assurer une épuration des lixiviats. -Infiltration modérée du bilan hydrique, les écoulements vers un point bas. -Intérêt à protéger les eaux souterraines contre les risques de pollution. 	Déchets ménagers +Déchets industriels assimilables aux déchets ménagers
Classe III : site perméable	$K \geq 10^{-6}$	Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de pollution des nappes d'eau souterraine.	Déchets ménagers +Déchets industriels inertes

II.4. Type de décharge

Nous pouvons distinguer deux grands types de décharge : décharges sauvages et décharges contrôlées.

II.4.1. Décharges non contrôlées

Elles sont très répandues dans les pays du tiers monde. Elles consistent à mettre les déchets sans aucun traitement préalable dans des dépotoirs n'ayant subi aucune étude appropriée du site. Ce sont généralement les anciennes carrières qui sont exploitées comme décharges sauvages.

II.4.2. Décharges contrôlées

Généralement, elles peuvent être classées en cinq grandes familles de mise en décharge (Ozanne, 1990).

a. Décharge contrôlée traditionnelle

Elle consiste à étaler les déchets en couches successives d'une épaisseur modérée (0,5 à 2 m) puis les recouvrir en fin de jour par une couche constituée de matériau inerte de 10 à 30 cm d'épaisseur (argile par exemple). Les déchets évoluent en aérobiose, l'air pénètre à travers les déchets.

b. Décharge contrôlée compactée

C'est une technique qui permet de prolonger la durée de vie d'une décharge. Elle consiste à compacter les déchets avant leur mise en décharge. Leur densité augmente et l'air contenu dans les déchets est chassé. Le compactage aboutit à la formation d'un ensemble peu perméable, les risques d'incendie sont très faibles. Toutefois, les déchets évoluent en anaérobiose produisant ainsi des biogaz chargés de composés malodorants. La production des lixiviats chargés en matière polluante, est très importante.

c. Décharge aérobie

C'est un mode de gestion différent des deux précédents. Il consiste à trier lors de la collecte, les matériaux fermentescibles des matériaux inertes. Les déchets fermentescibles sont ensuite broyés et mélangés à l'aide de matériel très spécial et mis dans le site pour fermentation. Les déchets inertes subissent un autre traitement à part. Cette technique requiert une surface d'exploitation beaucoup plus importante, elle permet de limiter la formation des lixiviats grâce à la fermentation thermophile (Ozanne, 1990).

d. Décharge d'ordures broyées

Les déchets sont broyés avant leur mise en décharge. Ils sont réduits à des fragments dont le plus grand à une taille de l'ordre de 10 cm. La masse obtenue est très homogène et laisse l'air circuler, ce qui facilite une fermentation aérobie accélérée. Cependant, la production de lixiviats

fortement pollués est très importante à la suite de la circulation de l'eau à travers les déchets, elle est plus ou moins égale à celle des décharges compactées.

e. Décharge en balles

Cette technique est très utilisée en Allemagne et en Grande-Bretagne. Elle consiste à comprimer les déchets à une densité d'environ 0,9, puis les mettre en balles ligaturées d'un volume de 1 à 5 m³. Les balles sont ensuite rangées dans le site de décharge par couches successives. Les lixiviats sont produits en grande quantité mais ils sont peu chargés en matière polluante du fait que l'eau qui s'infiltré, circule préférentiellement entre les balles sans les pénétrer.

II.5. Les lixiviats de décharge

II.5.1. Définition

Le terme lixiviat désigne les eaux météoriques qui en percolant à travers une décharge, s'enrichissent en divers polluants minéraux et organique avant de devenir des eaux usées appelées lixiviats ou encore «percolats », «lessivats », ou «jus de décharge ». La lixiviation est la migration des substances solubles et le lessivage correspond à la migration des particules en suspension.

II.5.2. La composition

La composition des lixiviats de décharge est très aléatoire est varie on fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, la technique d'exploitation et les conditions climatique.

II.5.3. Classification des lixiviats

Millot, 1986 a été classé lixiviat en trois grandes familles :

II.5.3.1. Les lixiviats jeunes

- charge organique élevée (DCO > 20 g/l) ;
- biodégradabilité moyenne (DBO₅/ DCO > 0,3) ;
- pH de l'ordre de 6,5 ;
- concentration importante en acide carboxylique (80 % de la charge organique) ;
- teneur élevée en métaux lourds (jusqu'à 2 g/l) ;
- COT/ DCO est proche de 0,3 ;
- concentration importante en acide gras volatil (AGV) et faible teneur en composés de haut poids moléculaire.

II.5.3.2. Les lixiviats intermédiaires

- charge organique moyenne (3 < DCO < 15 g/l) ;
- biodégradabilité assez faible (DBO₅/ DCO = 0,2) ;

- acides carboxyliques représentent 20 à 30 % ;
- pH proche de la neutralité (pH = 7) ;
- diminution de la teneur en métaux.

II.5.3.3. les lixiviats stabilisés

- charge organique assez faible (DCO < 2 g/l) ;
- biodégradabilité très faible (DBO₅/ DCO < 0,1) ;
- pH largement supérieur à 7,5 ;
- absence d'acide carboxylique ;
- concentration faible en métaux lourds (< 50 mg/l) ;
- présence de composés difficilement oxydables (COT/DCO = 0,4) ;
- concentration très importante en composés à haut poids moléculaire (PMA > 5000).

II.6. Composition moyenne des ordures ménagères de la décharge de Zef-Zef (Fig. 6)

- 70 % de matière organiques.
- 8.5% de matière plastiques.
- 9% de papier et de carton.
- 5.5% de métaux.
- 3% de matière inerte (terre, verre, porcelaine, pierre, plâtre...).
- 4% de chiffons, cuir et autres.
- Une quantité infime des déchets toxique (batterie, pile...).

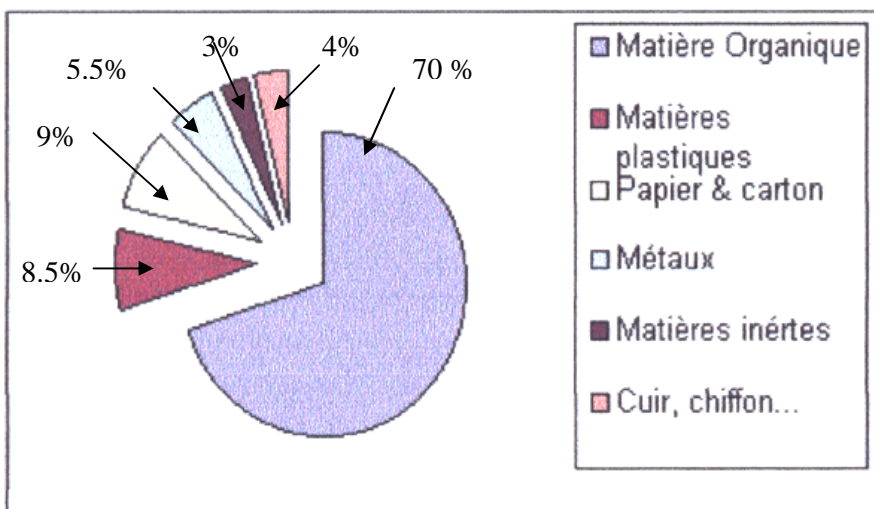


Fig. 6 : Présentation de la composition moyenne des ordures ménagères

II.7. Les caractéristiques de la décharge de Zef-Zef (Fig. 7)

II.7.1. Situation

La décharge de Zef-Zef est située au sommet d'une colline dont l'altitude est de 180m qui surplombe la vallée de Skikda, le site est semi perméable de pente assez forte et dépourvu de végétation mis à part quelques arbres. Il est limité sur la partie supérieure par la crête d'une colline (sur une altitude d'environ 30 m) sur la partie inférieure par des terrains agricoles (arboriculture et maraichage) allant en pente vers la vallée.

La décharge de Zef-Zef est une décharge contrôlée compactée. Sa superficie totale est de 20 ha et la surface occupée par l'actuel dépôt est d'environ 2 ha. Le déversement s'effectue sur la partie Nord donnant sur la partie gauche d'un ravin situé sur la partie basse du site. La hauteur moyenne de la couche d'ordures varie entre 0.5 à 2m d'épaisseur.

Elle est opérationnelle et reçoit environ de 150 tonnes/jour de déchets. Ces déchets de nature différente (ménagers, industriels et hospitaliers), sont mis en décharge après le réglage.

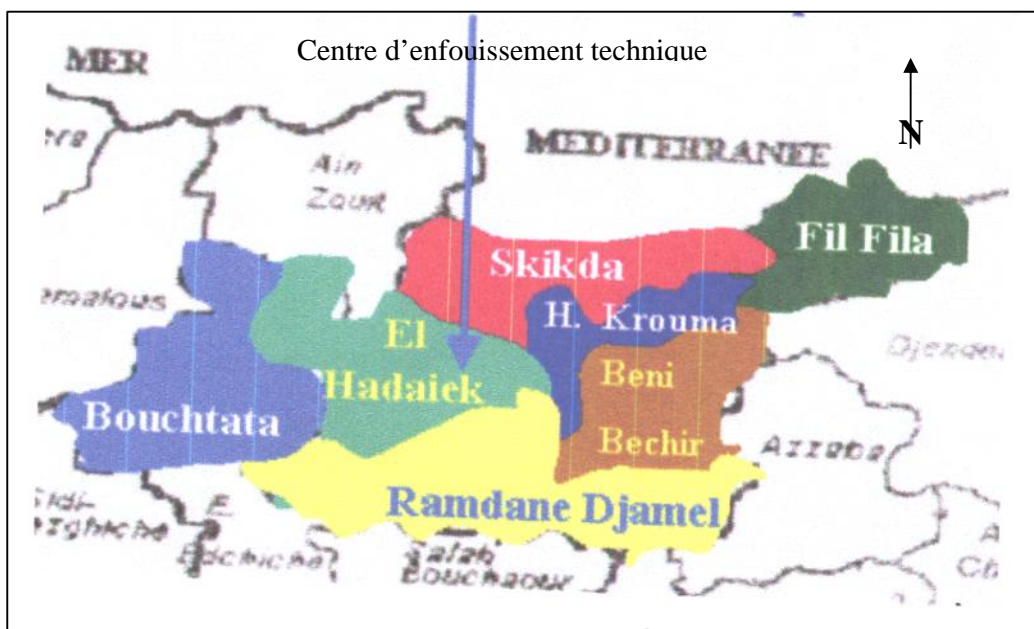


Fig. 7 : Situation de centre d'enfouissement technique (CET)

II.7.2. Conditions d'exploitation

La direction d'environnement est le seul organisme responsable de l'exploitation et du contrôle du site. Les conditions d'exploitation sont :

- absence de système de récupération et de traitement des lixiviats.
- le chemin de circulation est dans un mauvais état et complètement inaccessible pendant la période pluviale.

- L 'absence d'aménagements préalables du site.
- L'absence d'une couverture des couches de déchets.
- L'absence d'une couche imperméable sur la zone d'enfouissement.
- La faiblesse du degré de compactage (la porosité élevée) et l'éparpillement des déchets qui s'en suit.
- le taux d'évaporation élevé on dehors de la période hivernale. les précipitations entraineraient un Lessivage et une infiltration du lixiviat constitué des eaux de ruissèlement qui "percolent" à travers la masse des déchets en se chargeant tant en matières minérales qu'on organiques. Ces effluents constituent une source de nuisance (pollution).

II.7.3.Problèmes liés à la décharge publique

Vu les conditions d'emplacement et d'exploitation, le site actuel de la décharge présente de sérieux problèmes sur l'environnement et sur la santé de la population avoisinante. Ces nuisances peuvent être résumées comme suite :

- l'exposition presque permanente des récupérateurs et des animaux aux risques de contamination.
- l'éparpillement des déchets ;
- la diffusion des odeurs nauséabondes, provenant de l'accumulation du lixiviat et de gaz tels que les H₂S.
- l'auto-incinération des déchets liée à l'émission du méthane (dégagement des fumées asphyxiantes chargées en gaz toxiques) ;
- la multiplication intensive des rongeurs, des insectes et vecteurs de maladies ;
- la présence de cadavres d'animaux en désintégration ;
- la contamination de la nappe par les lixiviats générés par la décharge.

II.8.Conclusions

La décharge de Zef-Zef c'est une décharge contrôlée compactée à un sol peu perméable. Mais malgré ca la décharge constitue actuellement un impact négatifs sur l'environnement (air, sol et eau souterraine). Plusieurs aspects de dégradation environnementale ont été observés et seront étudiés dans la suite de ce travail, à savoir :

- l'impact des décharges (lixiviats) sur l'évolution qualitative des eaux souterraines.

CHAPITRE III
Etude Hydroclimatologie

III. Etude Hydroclimatique

III.1.Introduction

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance de devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants: les précipitations, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et le ruissellement), qui conditionnent ce bilan (Reminiéras, 1986).

III.2. Caractéristiques climatique

La connaissance des caractéristiques climatiques est très importante pour définir les ressources en eaux souterraine et superficielle. L'étude est basée sur les données de la station de Skikda port durant 22ans (1984/1985-2005/2006).

II.2.1.Le climat

La région étudiée fait partie d'une zone à climat méditerranéen caractérisé par un hiver humide et doux, et un été chaud est sec.

III.2.2.Les précipitations

Les précipitations sont le facteur le plus important dans l'alimentation des nappes souterraines et le comportement hydrologique.

III.2.2.1. Répartition des précipitations annuelles

L'étude est basée sur les données de précipitation à la station de Skikda port durant 22ans allant 1984 à 2006.

**Tableau. 3 : Variation des précipitations annuelles à la station de Skikda port
(1984/1985-2005/2006)**

Année	Précipitation (mm)	Année	Précipitation (mm)	Année	Précipitation (mm)
1984/85	1034,3	1992/93	632.8	2000/01	536.2
1985/86	613,4	1993/94	691.6	2001/02	580.1
1986/87	1023,9	1994/95	757.5	2002/03	1118.6
1987/88	585,2	1995/96	695.6	2003/04	761.9
1988/89	609,4	1996/97	453.2	2004/05	1112.3
1989/90	700,2	1997/98	900.2	2005/06	620.5
1990/91	886,5	1998/99	747.1		
1991/92	793,2	1999/00	680.7		

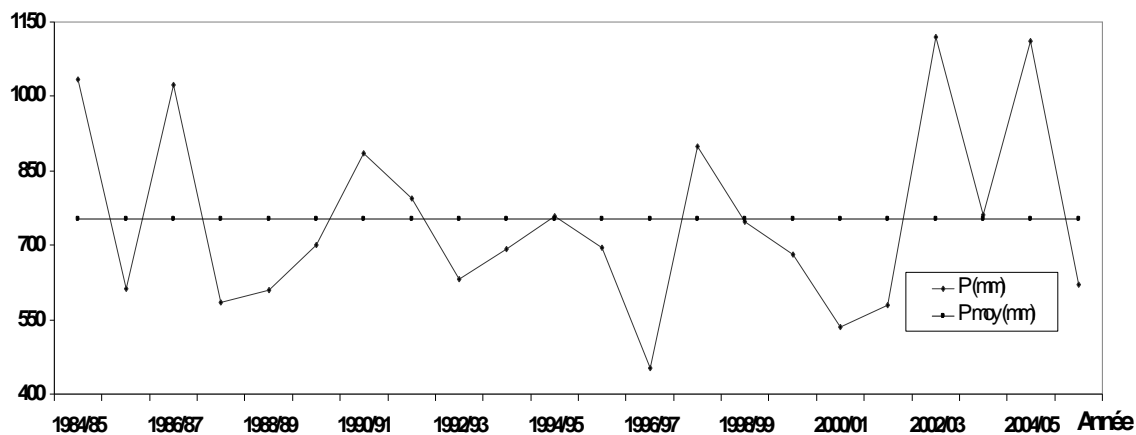


Fig. 8 : Variation des précipitations annuelles à la station de Skikda port

(1984/1985-2005/2006)

La moyenne pluviométrique calculée pendant les 22ans est de 751.6 mm. D'après le tableau 2 et la figure 5 nous remarquons un minimum d'ordre 453.2mm des précipitations moyennes annuelles enregistré en 1996/1997et un maximum d'ordre 1118.6mm enregistré en 2002/2003.

III.2.2.2.La variation inter annuelle des précipitations

La variation interannuelle de la pluviométrie pendant les 22ans à la station de Skikda est apparaît à travers le coefficient de variation annuelle (CV) et présentée au tableau 3.

$CV = Sp/Pm$ Où Sp : Ecart type (mm).

Pm : La moyenne annuelle de précipitation (mm).

Tableau. 4 : Les caractéristiques pluviométriques observées à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006)

	Station de Skikda port
Pm(mm)	751.6
Sp (mm)	187.5
C.V%	24.9

La valeur de coefficient de variation annuelle est de 0.249 ce qui implique une faible variabilité.

III.2.2.3.Les précipitations moyennes mensuelles

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles sont présentées au tableau suivant :

Tableau. 5 : Les précipitations moyennes mensuelles à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
P(mm)	46.6	61.5	99.3	44.2	19.2	5.7	61.1	2.8	5.4	2.4	3.0	10.3

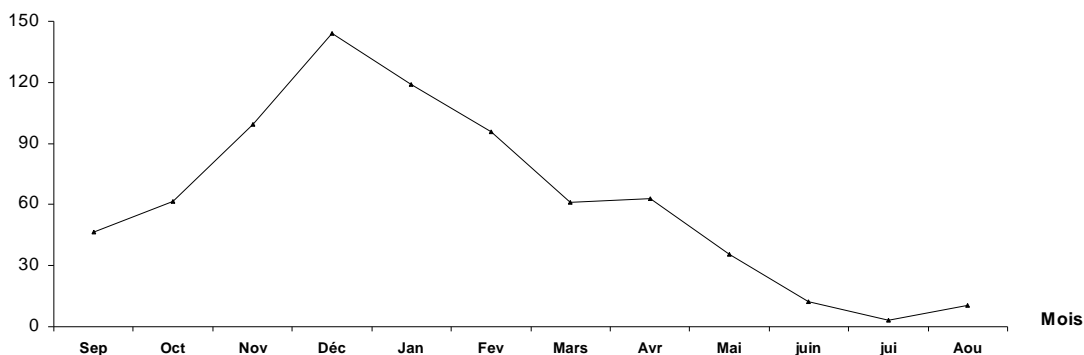


Fig. 9 : Variation des Précipitations moyennes mensuelles à la station de Skikda

(Port) (1984/1985-2005/2006)

D'après le tableau 4 et la figure 6 en observant que le mois le plus pluviométrique est le mois de Décembre avec une précipitation moyenne mensuelle de 144.2mm et le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une précipitation moyenne mensuelle de 3.0mm.

III.2.3.L'humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est un facteur très important qui influe à l'évaporation. Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air sont présentées au tableau suivant :

Tableau. 6 : L'humidité relatives de l'air moyennes mensuelles à la station de Skikda (port) (1984/1985-2005/2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
Humidité relative(%)	74	73	74	74	73	73	73	73	75	74	73	73

D'après le tableau 6 on remarque que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes, les moyennes sont variées entre 73 et 75%.

III.2.4.L'insolation

Les valeurs moyennes mensuelles d'insolation sont présentées au tableau suivant :

Tableau. 7 : L'insolation moyennes mensuelles à la station de Skikda (port)
(1984/1985-2005/2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
Insolation(hr)	42	08	58	137	146	68	209	232	278	04	345	313

Le tableau montre que l'insolation maximale est observée au mois de Juillet et d'ordre de 345hr par contre l'insolation minimale est observée au mois de Décembre d'ordre de 137hr.

III.2.5.Le vent

Les valeurs moyennes mensuelles du vent sont présentées au tableau suivant :

Tableau. 8 : Les vents moyennes mensuelles à la station de Skikda
(Port) (1984/1985-2005/2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	moy
Vent (m/s)	2.8	2.9	3.3	3.7	3.5	3.4	3.1	3.1	2.6	2.7	2.5	2.6	3.0

On observe à partir du tableau des vents moyennes mensuelles que la vitesse du vent est modérée entre un minimum d'ordre 2.5m/s au mois de Juillet et un maximum d'ordre 3.7 m/s avec une moyenne de 3.0m/s.

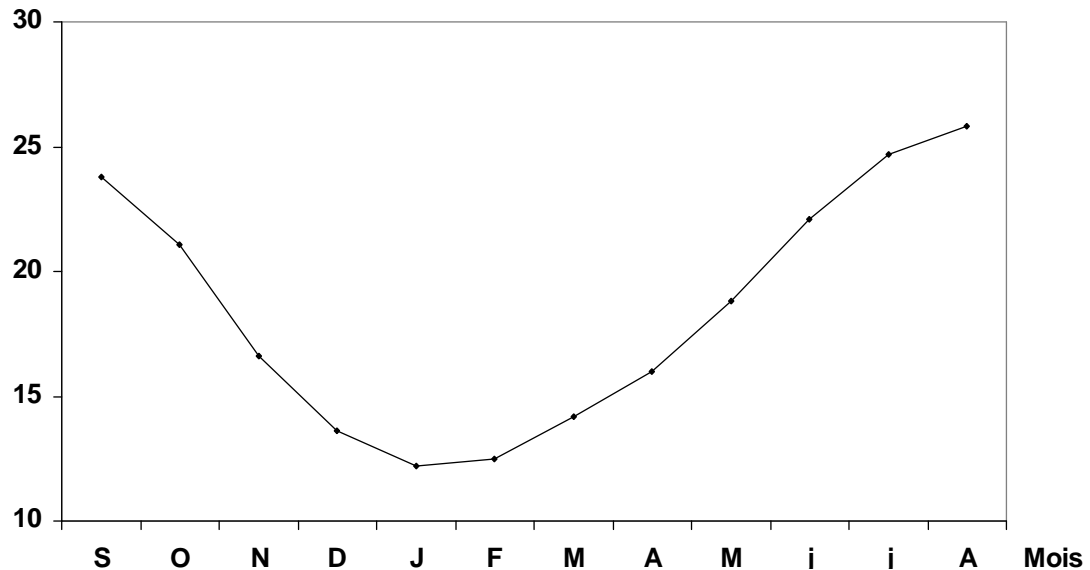
III.2.6.Les températures moyennes mensuelles

La température est un facteur très important puisque elle est influencée sur la tension de vapeur saturante de l'eau (l'évaporation).

Le tableau suivant présente Les températures moyennes mensuelles pendant les 22ans à partir de 1984 au niveau de la station de Skikda (port).

Tableau. 9 : Les températures moyennes mensuelles à la station de Skikda
(Port) (1984/1985-2005/2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
Température (°C)	23.8	21.1	16.6	13.6	12.2	12.5	14.2	16.0	18.8	22.1	24.7	25.8



**Fig. 10 : variations des températures moyennes mensuelles à la station de Skikda (port)
(1984/1985-2005/2006)**

D'après le tableau 8 et la figure 7 on montre que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne mensuelle de 12.2°C et le mois le plus chaud est le mois d'Août avec une température moyenne mensuelle de 25.8°C.

III.3. Le rythme climatique

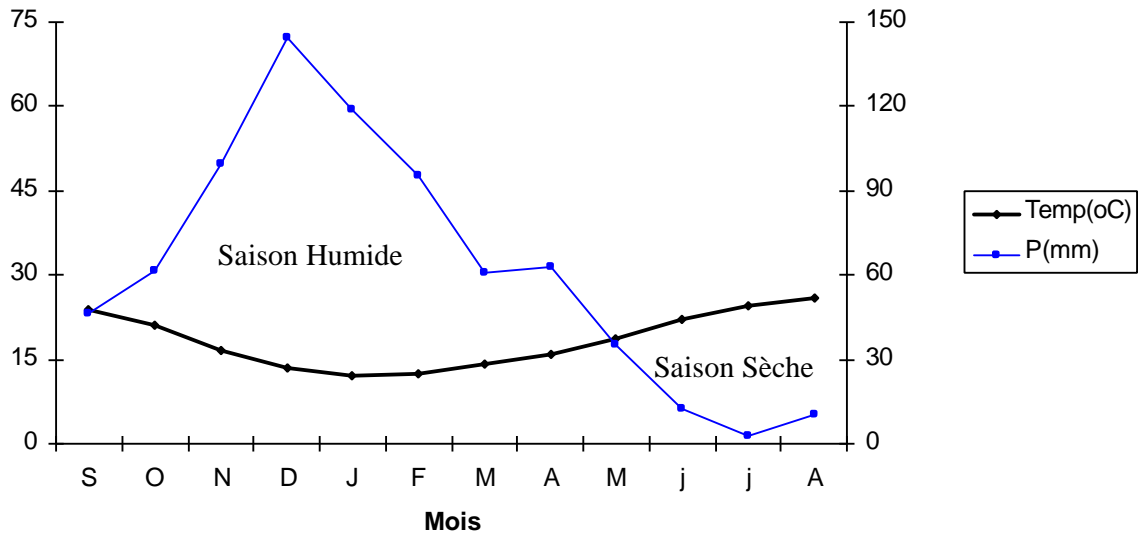
Le rythme climatique est défini graphiquement par le diagramme pluviothermique ($p=2t$).

Le diagramme présente une combinaison entre les précipitations moyennes mensuelles et les températures ce qui implique la détermination des saisons sec et humide.

Le Diagramme pluviothermique ($p=2t$) à la station de Skikda (port) (1984/1985-2005/2006) montre une existence de deux saisons :

- Saison sèche et chaude, elle commence au mois de Mai jusqu'au mois d'Août.
- Saison humide et froide, elle commence au mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril.

Fig. 11 : Diagramme pluviothermique (p=2t) à la station de Skikda (Port) (1984/1985-2005/2006)



III.4. Calcul de bilan hydrique D'après la formule de C.W Thornthwaite

III.4.1. Introduction

L'établissement du bilan hydrique est nécessaire pour comprendre le fonctionnement de tout système aquifère et pour l'évaluation de l'alimentation moyenne des nappes du fait que l'infiltration des eaux de pluie conditionne leur recharge. Pour cela, il est indispensable de connaître tous les éléments qui constituent le cycle de l'eau (Fig12), à savoir les précipitations, l'évapotranspiration, l'écoulement ou le ruissellement et l'infiltration.

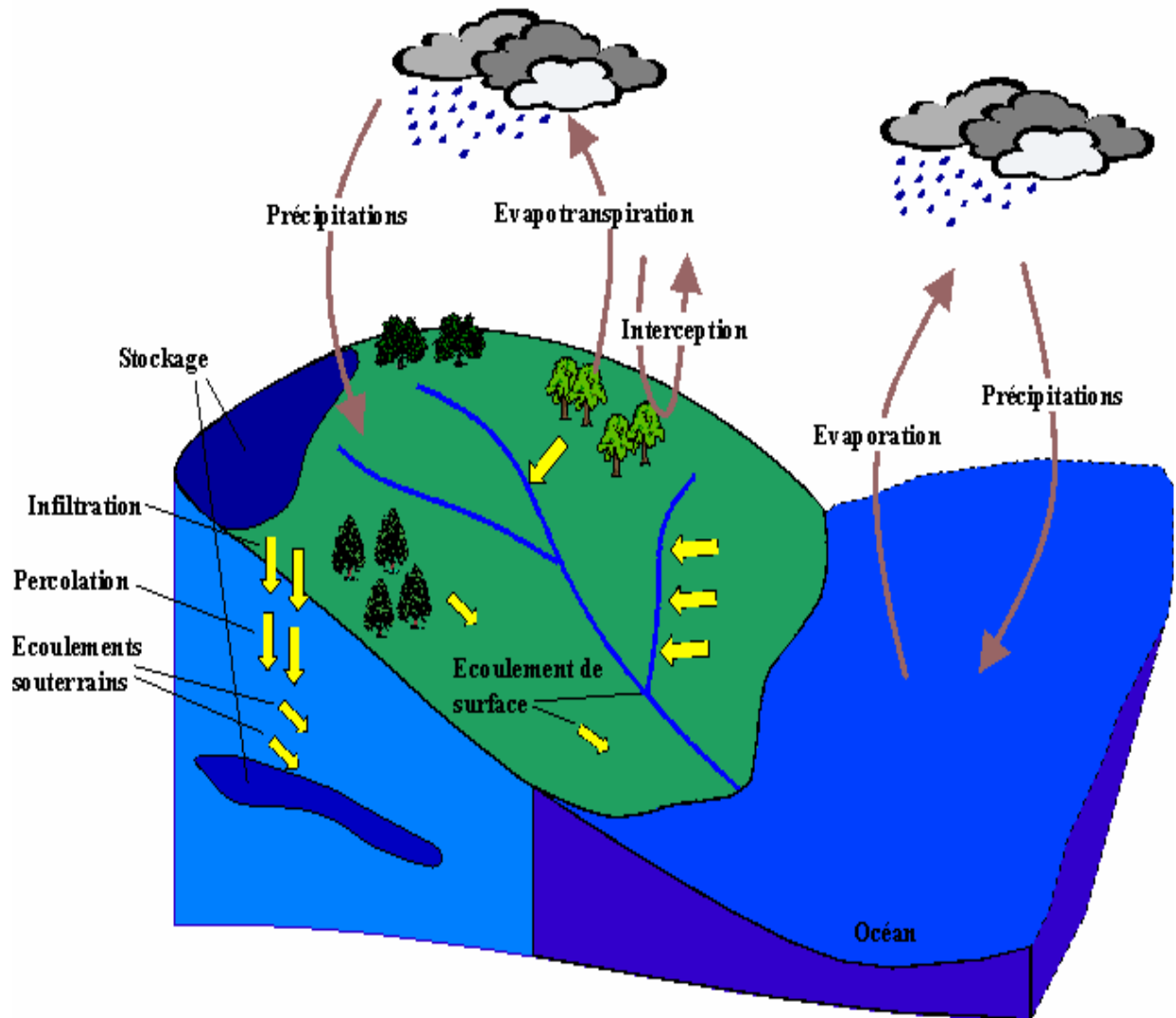


Fig. 12 : Cycle de l'eau.

III.4.2. Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

C.W. Thornthwaite a proposé également en 1948 une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$ETP = 16(10t/I)^a K$$

avec: $i = (t/5)^{1.514}$ $I = \sum_{l=1}^{12} i$ $a = 1.6 * I / 100 + 0.5 = 1.905$

ETP: évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm).

i : Indice thermique mensuel.

a : paramètre arbitraire lié à la température.

I : Somme des indices thermiques mensuels.

t : Température moyenne mensuelle ($^{\circ}\text{C}$).

K: coefficient d'ajustement mensuel.

III.4.3. Estimation de la RFU (réserve facilement utilisable)

Selon G.Kastany lorsque les quantités d'eau provenant des pluies dépassent celles perdues par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable (RFU).

$$\text{RFU} = (\text{P} - \text{ETP}) + \text{RFU} (\text{mois précédent})$$

III.4.4. Estimation de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)

L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libre, pour le calcul THORNTHAITE a considéré deux cas :

- $\text{P} < \text{ETP} \Rightarrow$ - insuffisant : $\text{ETR} = \text{P} + \text{RFU}(\text{mois précédent})$, $\text{RFU} = 0$
- suffisant : $\text{ETR} = \text{ETP}$
- $\text{P} \geq \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = \text{ETP}$

P : précipitation moyenne mensuelle (mm).

RFU : Le réserve facilement utilisable et nous avant considéré =100.

III. 4.5. Le déficit agricole DA

Le déficit agricole est la quantité d'eau qu'il faudrait apporter à l'irrigation pendant le déficit, elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{DA} = \text{ETP} - \text{ETR}$$

III.4.6. L'excédent EXC (L'écoulement)

L'excédent c'est l'eau qui s'écoule après le remplissage du stock et qui se calcule par la formule suivante : $\text{EXC} = \text{P} - \text{ETR}$ (mm)

Tableau. 10 : Les différents paramètres du bilan hydrique

	P(mm)	T($^{\circ}\text{C}$)	ETP(mm)	ETR(mm)	DA(mm)	EXC(mm)
Station de Skikda	751.57	18.46	921.81	479.88	441.93	271.69

**Tableau. 11 : Bilan Hydrique selon C .W.Thornthwaite à la station de Skikda
(port)(1984/1985-2005/2006)**

Mois	P(mm)	T°C	K	I	ETP(mm)	RFU(mm)	ETR(mm)	EXC(mm)	DA(mm)
Sept	46.59	23,83	1.05	10.64	112.48	0,00	46.59	0	65.89
Oct	61.54	21,10	0.91	8.85	77.29	0,00	61.54	0	15.75
Nov	99.26	16,60	0.75	6.15	40.38	58.92	40.38	0	0
Déc	144.18	13,63	0.7	3.53	25.86	100,00	25.86	77.2	0
Jan	119.22	12,18	0.73	3.86	21.77	100,00	21.77	97.45	0
Fév	95.75	12,47	0.78	3.98	24.35	100,00	24.35	71.4	0
Mars	61.12	14,23	1.02	4.88	40.92	100,00	40.92	20.2	0
Avr	62.83	15,96	1.15	5.79	57.39	100,00	57.39	5.44	0
Mai	35.36	18,82	1.32	7.43	90.2	45.16	90.2	0	0
Juin	12.4	22,11	1.33	9.49	123.6	0,00	57.56	0	66.04
Juil	3.02	24,71	1.33	11.23	152.74	0,00	3.02	0	149.72
Août	10.3	25,82	1.24	11.99	154.83	0,00	10.3	0	144.53
Totale	751,57	18.46	-	87.82	921.81	-	479.88	271.69	441.93

DA : Déficit agricole

RE : Rechargement

ES : Epuisement du Stock

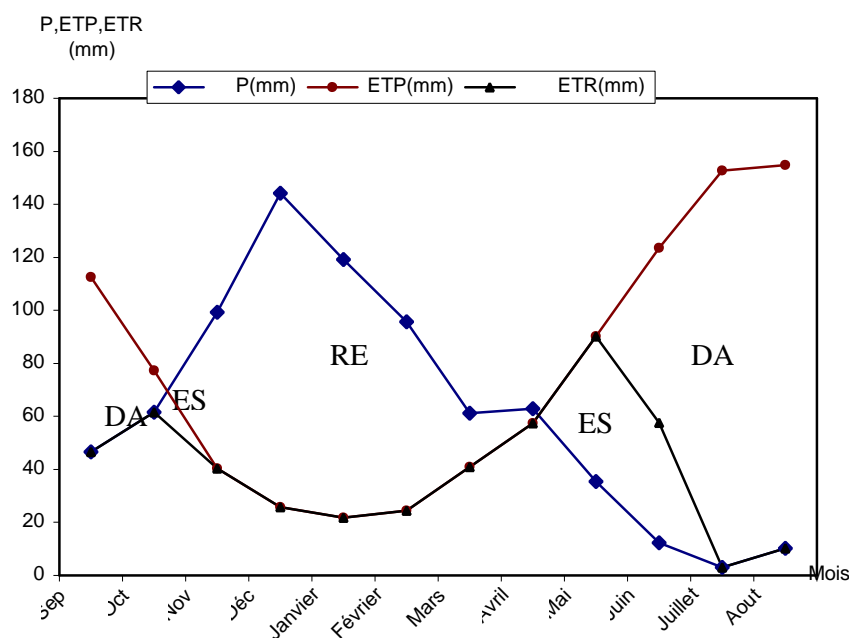


Fig. 13 : Bilan Hydrique selon C .W.Thornthwaite à la station de Skikda (port)

III.4.7. Interprétation du résultat du bilan hydrique

D'après le Tableau.10 et la figure.8 on remarque que le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite a montré que l'ETP annuelle est d'ordre de 921.81mm. Elle atteint son maximum aux mois de Juillet et Août (152.74 et 154.83mm, respectivement) et son minimum durant la période hivernale, notamment aux mois de Janvier (21.77 mm).

La reconstitution de la réserve du sol, s'effectue entre les mois d'Octobre et Mai. La réserve du sol atteint son maximum à partir des mois de Décembre. Elle commence à s'épuiser à partir du mois de Mai pour se vider complètement au mois de Juillet. L'écoulement commence à apparaître entre Décembre et Janvier et se poursuit jusqu'au mois d'Avril à Mai, avec un maximum au mois de Janvier (97.45 mm).

L'excédent variable selon la rétention potentielle du sol, totalise annuellement 271.69 mm. Il présente 36.15% des précipitations.

L'évapotranspiration réelle annuelle représente 479.9 mm soit 63.85 % des précipitations. Le déficit agricole de l'ordre de 441.93 mm/an. Ce déficit s'étale du mois de Juin au mois d'Octobre. Le maximum est observé au mois de Juillet d'ordre de 149.72 mm.

III.5. Le ruissellement

Le ruissellement, un paramètre fondamental du bilan hydrologique et aussi un facteur principal des débits des pointes des crues, Il est difficile à évaluer.

III.5.1. Calcul de ruissèlement

Le ruissèlement se décompose on deux : l'eau qui ruisselle naturellement à la surface du sol et l'eau des sources. Cette dernière est une réapparition des eaux d'infiltration.

-Formule de Tixeront Berkallof:

$$R = P^3/3.(ETP)^2$$

Avec :

R : ruissellement en mm.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

ETP : évapotranspiration potentiel en mm/an.

Tableau. 12 : résultats des calculs de ruissellement par la Formule de Tixeront Berkallof

Paramètre	P(mm)	ETP(mm)	R(mm)	R %
résultats	751.57	921.81	166.53	22.16

Le ruissellement est de l'ordre de 166.53 mm/an ce qui représente 22.16 % des précipitations.

III.6. L'infiltration efficace

Du point de vue hydrogéologique, l'infiltration est le paramètre de première importance car elle représente le taux de renouvellement des réserves souterraines d'une nappe, et aussi c'est la quantité d'eau qui parvient à la surface de la nappe. En effet au cours de son trajet entre la surface du sol et la surface de la nappe, l'eau d'infiltration subit des pertes par évapotranspiration.

III.6.1. Calcul de l'infiltration efficace

Pour déterminer l'infiltration Ie (mm) on utilise l'équation du bilan hydrologique :

$$P = ETR + I + R \quad \text{d'où} \quad I = P - ETR - R$$

Avec :

P : précipitation annuelle en (mm).

ETR : L'évapotranspiration réelle (mm).

Ie : Infiltration efficace en (mm).

R : Ruissellement on (mm).

Tableau. 13 : résultats des Calculs de l'infiltration efficace par la Formule de bilan hydrique

Paramètre	P(mm)	ETR(mm)	R(mm)	Ie(mm)	Ie %
résultats	751.57	479.88	166.53	105.16	14

L'infiltration efficace est de l'ordre de 74.19 mm/an ce qui représente 10 % des précipitations. Nous constatons que l'infiltration efficace est inferieur au ruissellement en raison des faibles perméabilités des terrains.

III.7.Conclusion

L'ensemble des données climatique montre que le climat de la région d'étude est de type méditerranéen (hiver froid et été chaud).La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 751.57 mm /an. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18.46°C.

L'étude du bilan hydrique a permis de ressortir Les résultats suivants :

L'évapotranspiration réelle de l'ordre 479.88 mm/an ce qui représenter 63.85% des précipitations moyen ne annuelles.

L'infiltration est d'ordre de 105.16mm /an qui représente 14 % des précipitations moyenne annuelles.

Le ruissèlement est d'ordre de 166.54 mm/an qui représente 22.16% des précipitations moyennes annuelles.

Le déficit des précipitations pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de l'ordre de 441.93mm/an répartie du mois de Juin au mois d'Octobre, ce qui donne une idée sur l'irrigation nécessaire aux cultures pendant cette période.

L'excédent annuelle est d'ordre de 271.69 mm. Il présente 36.15% des précipitations.

CHAPITRE IV
Etude Hydrogéologique

IV- ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

IV.1.Introduction

L'étude hydrogéologique est fait dans le but de comprendre le système d'alimentation des aquifère, de définir le sens d'écoulement de la nappe, la variation du gradient hydraulique et les autres caractéristique hydrodynamique (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emmagasinement), est enfin de voir le mécanisme de l'évolution du niveau piézométrique dans le temps et dans l'espace et de donner une idée sur les sources d'alimentation aussi bien que les différents point de sortie.

IV.2.Inventaire des forages et des puits (Tableau14 et Fig. 14)

Les forages existant le long de l'oued Zeramna totalisent quatre ouvrages réalisés, mais dans notre zone d'étude on a un seule forage (F3 Zef-Zef).Ces forages sont destinés soit à l'exploitation

Tableau. 14 : inventaire des forages

Non et numéro de forage	X	Y	Z(m)	Année réalisée	Prof (m)	NS	ND	Rabatt (S)	Débit Q (l/S)	Dist entre les F(m)
F1Zenat El Hadaiek	872.550	400.300	20.51	1989	30	3.6	8.0	4.4	.51	
F2 Cité universitaire	873.900	402.000	38.5	1991	35	4	6.2	2.1	.51	1075
F3 Zef-Zef	474.825	402.587	7.1	2001	50	3	25	22	101	1500
F4 Skikda (secours) F-SM sicele	874.888	403.650	7.5	2002	85	4.25	41.13	36.88	.51	2200

Les puits existant sont répartis entre les particuliers, la commune et les domaines agricoles, leur fonction se résume aux besoins suivants :

- Alimentation des propriétés individuelles (familiales).
- Irrigation des terres cultivées.

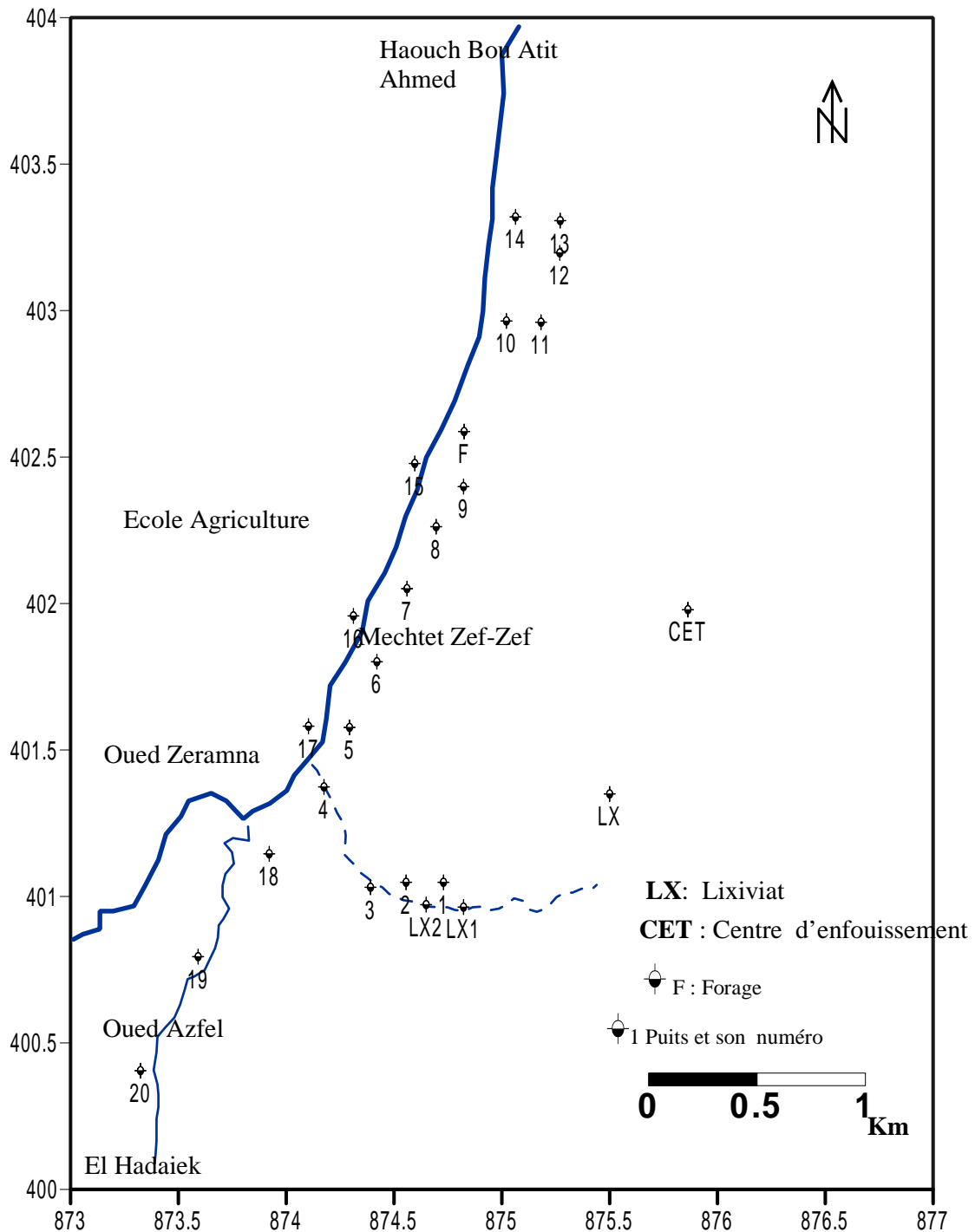


Fig. 14 : Carte d'inventaire des puits et des forages

IV.3. Les conditions aux limites

La nappe alluvionnaire de la région d'El Hadaiek est limitée par:

- Les grés numidiens au Sud et A l'Est.
- Les formations métamorphiques au Nord et A l'Ouest.

IV.4.La coupe hydrogéologique

IV.4.1. Etablissement de la coupe hydrogéologique

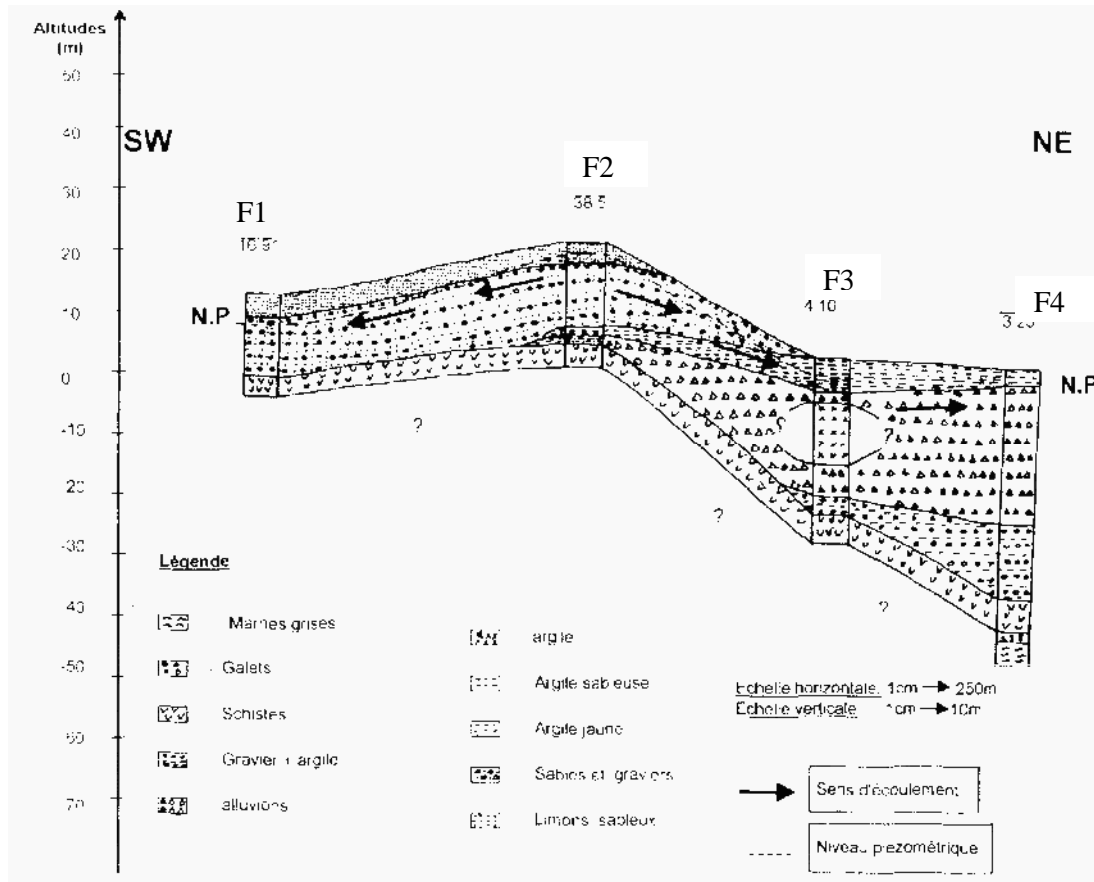
L'étude de la nature de la nappe aquifère nécessite l'établissement des coupes hydrogéologiques afin de représenter toutes les couches traversées par les forages et de connaître la géométrie de l'aquifère et son évolution spatiale (latérale et verticale). Cette coupe est établie à partir de 4 forages (F₁, F₂, F₃, F₄) implantés dans la plaine (Fig.n15).

IV.4.2. Interprétation de la coupe hydrogéologique

Cette coupe a été établie à partir d'un profil qui passe par les quatre forages existants le long de l'oued Zeramna, on constate que les formations aquifères sont généralement composées par des sables, des galets et des graviers. L'épaisseur est variable, elle atteint son minimum au niveau du forage F₁ et son maximum au niveau du forage F₂, elle s'amincit jusqu'à disparaître au niveau du forage F₃. Elle repose sur un substratum schisteux et argileux.

Au Nord Est, le forage F₄ est constitué par un aquifère des formations alluvionnaires composées de graviers, d'argile sableuse, de schistes... etc.

L'épaisseur de cette couche est plus importante du côté de l'oued (40m) et elle tend à disparaître au niveau du forage F₂. A ce niveau, le substratum de la couche est représenté par les schistes.



Source : Mémoire d'Ingenieur
M^{elles} : Krim S et Zouaz S (2005)

Fig.15 : Coupe hydrogéologique dans la plaines d'El Hadaiek

IV.5. La Piézométrie

L'étude de l'écoulement des eaux souterraines est basée sur l'analyse de la surface piézométrique.

IV.5.1. Etablissement de la carte piézométrique

La carte piézométrique permet de déterminer la profondeur de la nappe, le sens d'écoulement des eaux, le gradient hydraulique ainsi que les zones d'alimentation et les zones favorables à l'accumulation des eaux souterraines. Elle traduit la morphologie de la surface d'eau de la nappe à une époque déterminée.

Deux cartes piézométriques sont établies pour interpréter les évolutions de l'écoulement souterrain de la nappe de la plaine de Zef-Zef : l'une pendant le mois de juin (fig17) et l'autre pendant le mois de novembre (fig18) à partir de 20 puits.

IV.5.2. Caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines

L'écoulement de la nappe superficielle en générale suit la direction Sud-Nord et Est-Ouest à une forme divergente des isopièzes. Deux formes locales de la Piézométrie sont observées :

- Une forme dominante au centre de la plaine.
- Une dépression au niveau des bordures de la plaine.

L'écoulement général est tributaire de la topographie de la plaine. La morphologie de la surface piézométrique dans les deux périodes montre que la cote la plus élevée trouve au Sud-Est au niveau de la zone où se trouvent les puits 1,2 et 3. La cote la plus basse se trouve dans la direction Nord c'est-à-dire au niveau de la zone où se trouve le puits 12,13,14 et 15.

On observe généralement des niveaux piézométriques compris entre 1 et 28 m pendant les deux mois (Juin et Novembre).

Le gradient hydraulique est très faible aux bordures de la plaine, il est de l'ordre de $0,6.10^{-4}$ qui indique l'existence d'une forte perméabilité, par contre au centre ce rapport augmente il est de $0,4.10^{-3}$ qui indique une faible perméabilité ou une pente importante des terrains.

Les valeurs du gradient hydraulique calculées d'après la formule :

$$(H_2 - H_1) / L$$

Où:

H_1 et H_2 niveau piézométrique déterminé par les courbes isopièzes

L : la distance entre les deux points du niveau piézométrique.

IV.5.3. Variation du niveau piézométriques dans l'espace et dans le temps

Le niveau piézométrique de cette nappe évolue dans l'espace et dans le temps en fonction de plusieurs paramètres : les précipitations, les conditions d'exploitations et la nature de toit de la nappe. Plusieurs cas d'évolutions sont observés (fig.16) :

- L'évolution naturelle qui est observée au niveau des puits 3,5,6,7,9,10,12,13 et 15 à cause de l'alimentation des puits par les pluies .
- L'évolution faible qui est observée au niveau des puits 1,2,4,11,15,17 et 18 à cause de l'absence de la réponse à la pluie.
- L'évolution très variables qui est observée au niveau des puits 16,18,19 et 20 à cause de pompage à débit variable.

IV.5.4. Conclusion

La nappe superficielle de ZefZef très vulnérable à la pollution à causes de la faible profondeur qui varie entre 8 et 20 m, l'existence des activités agricole ainsi que l'existences des formations argilo-sableuses et argilo-shisteuses qui provoquent l'infiltration à la nappe.

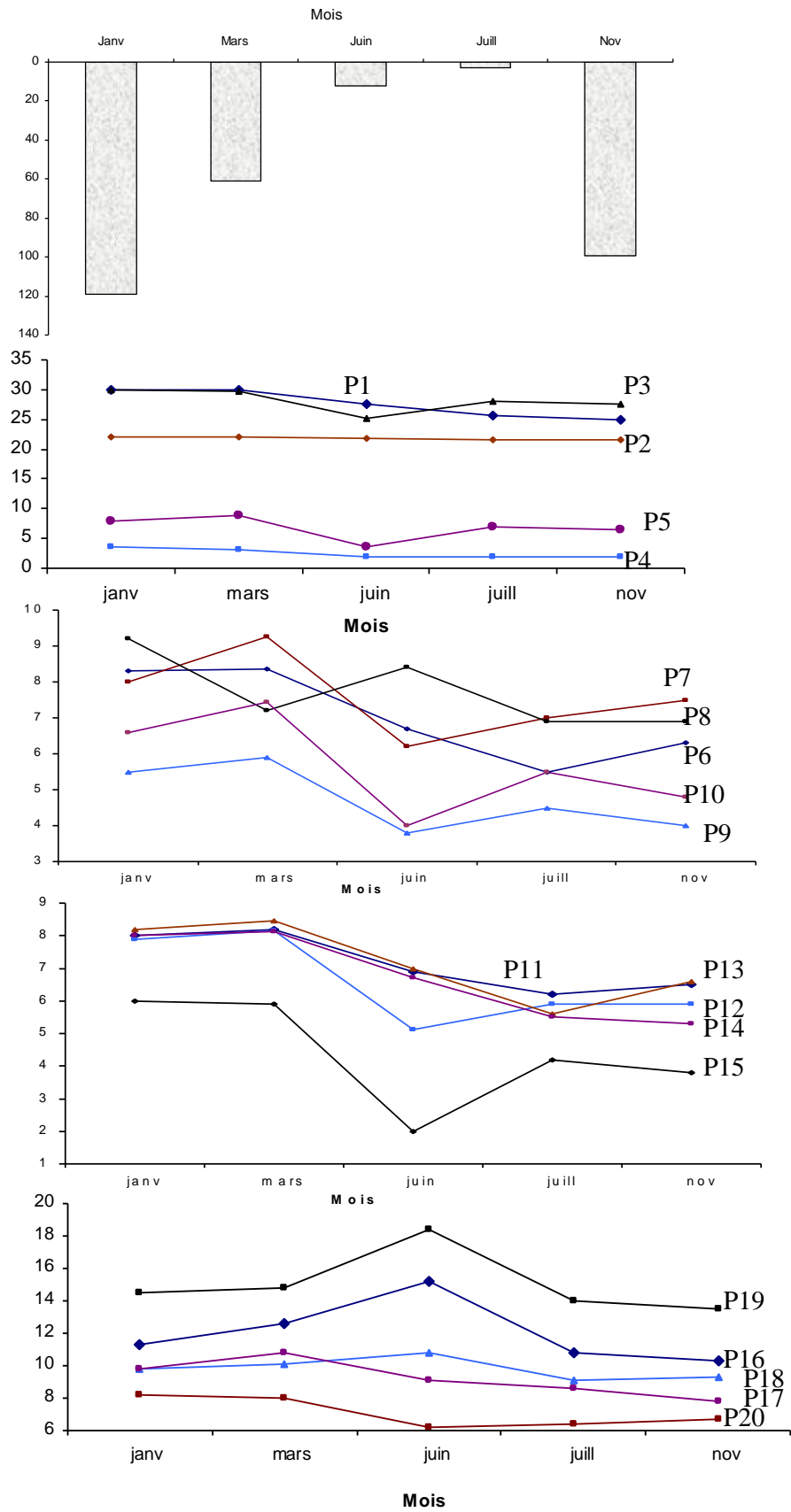


Fig. 16 : Variation temporelle et spatiale du niveau piézométrique

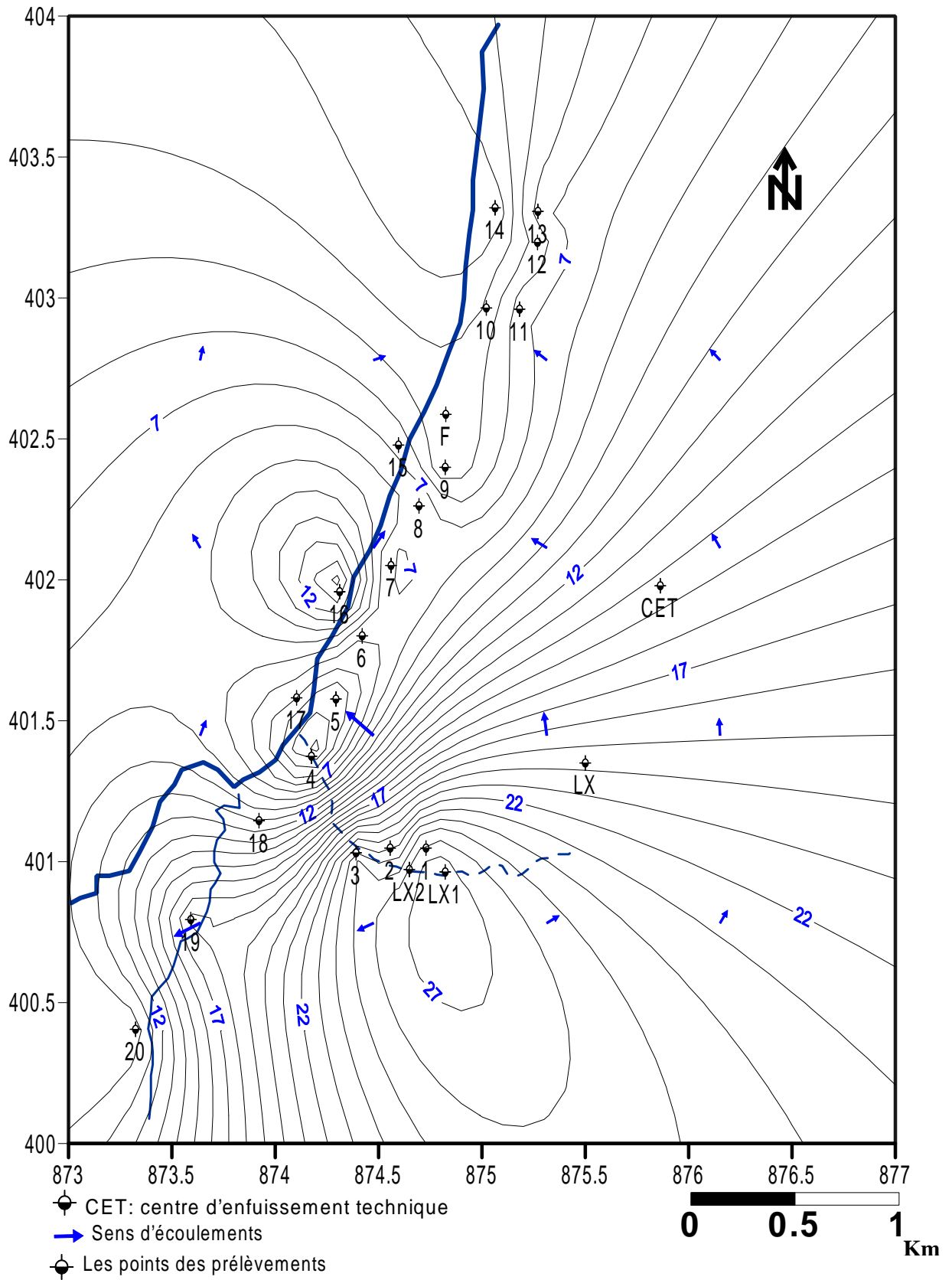


Fig. 17 : Carte piézométrique de mois de Juin 2006

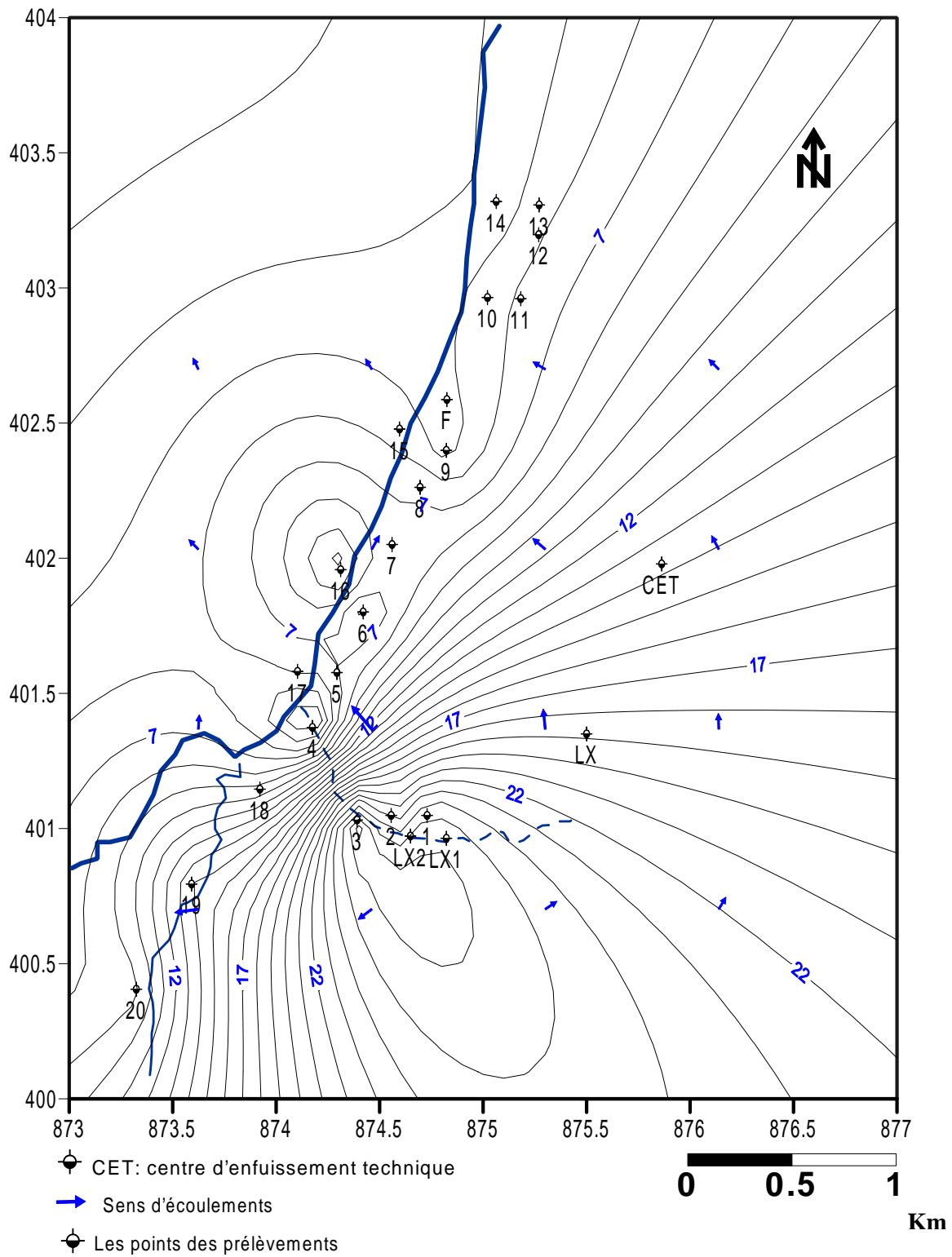


Fig. 18 : Carte piézométrique de mois de novembre 2006

IV.6. Caractéristiques Hydrodynamiques

IV.6.1.Introduction

La détermination des différents paramètres hydrodynamiques de la nappe (transmissivité et le coefficient d'emmagasinement) est très importante pour la connaissance d'évaluation de la capacité du réservoir aquifère, l'effet de l'exploitation sur l'aquifère, et l'étude de son comportement générale.

La méthode de détermination de la transmissivité est Méthode de JACOB.

$$T=0.183 Q/C$$

T : Transmissivité en m^2/s

C : la pente de la droite représentative ($C = S_2 - S_1 / \log t_2 - \log t_1 = 0.183 Q/T$).

Q : le débit en m^3/s .

IV.6.2.Les essais par pompage

IV.6.2.1. Puits 11(P₁₁)

Le puits P₁₁ a été implanté entre la ville de Skikda et la commune d'El Hadaïek c'est-à-dire dans la zone nord de la pleine alluviale.

Les alluvions présentent une épaisseur de 18m (valeur approximative), puits a été creusé jusqu'à 12m avec un diamètre de 4m.

IV.6.2.1.1. Calcul et interprétation des paramètres hydrodynamiques

Le pompage a été effectué en 1991, l'essai a une durée de 1.66hr avec un débit de pompage de 5 l/s, le niveau piézométrique statique est 3.2m. Les données de pompages sont reportées sur un papier semi logarithmique, les rabattements(S) en fonction des temps (t).

Les rabattements(S) s'expriment en mètre. Les temps s'expriment en seconde.

• Courbe de descente :

Selon la fig19 de la droite de descente la pente =1.4m pour un débit $Q=5 \cdot 10^{-3} m^3/s$

$$T=0.183 Q/C \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$T_d = 0.183 * 5 \cdot 10^{-3} / 1.4 = 0.65 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$T_d = 0.65 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

L'épaisseur utile de l'aquifère $h = 18m$ et on a $T = K \cdot h$ donc $K = T/h = 3.610^{-5} m/s$

$$K_d = 3.6 \cdot 10^{-5} m/s$$

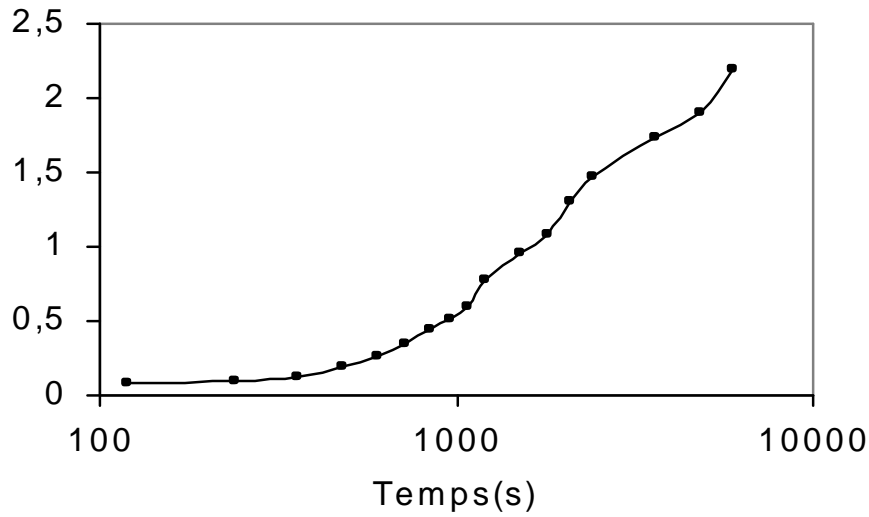


Fig. 19 : Courbe de descente de puits 11

• **Courbe de remonte**

L'essai a une durée de 2.33hr, selon la fig 20 de la droite de remonte la pente =1.2m pour un débit $Q=5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$T=0.183 \text{ Q/C m}^2/\text{s}$.

$T_d = 0.183 \cdot 5 \cdot 10^{-3} / 1.2 = 0.76 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

$T_r = 0.76 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

On a $T = K \cdot h$ donc $K = T/h = 4.2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

$K_r = 4.2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

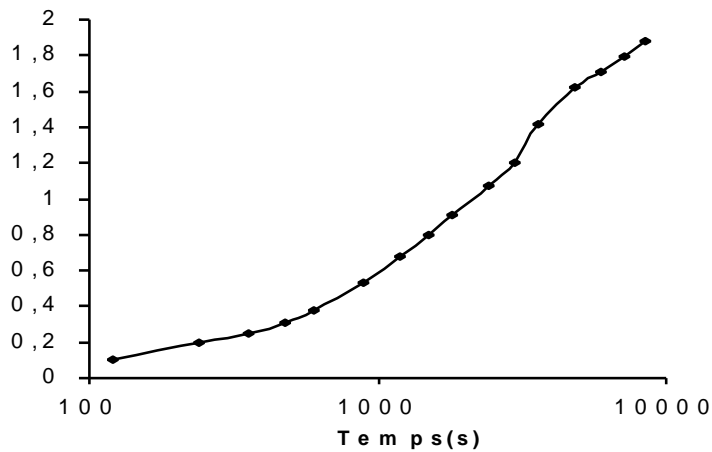


Fig. 20 : Courbe de remonte de puits 11

La transmissivité moyennes est : $T_m = 0.70 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

La perméabilité moyenne est : $K_m 3.9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

IV.6.2.2.puits 8 (P₈) :

Le puits P_{34a} été creusé dans le nord de la plaine d'El Hadaiek à une profondeur moyenne de l'ordre de 9m avec un diamètre de 3m. Les alluvions ont une épaisseur de 20m avec un diamètre de 3.5m.

IV.6.2.2.1. Calcul et interprétation des paramètres hydrodynamiques :

L'essai a une durée de 1.33hr avec un débit de pompage de 12.5l/s, le niveau piézométrique statique est 4m (Annexe .n).

• Courbe de descente

Selon la fig 21 de la droite de descente la pente =1.4m pour un débit $Q=12.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
 $T=0.183 Q/C \text{ m}^2/\text{s}$.

$T_d = 0.183 \cdot 12.5 \cdot 10^{-3} / 1.4 = 1.63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$T_d = 1.63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

L'épaisseur utile de l'aquifère $h = 20\text{m}$ et on a $T = K \cdot h$ donc $K = T/h = 0.81 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

$$K_d = 8.1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

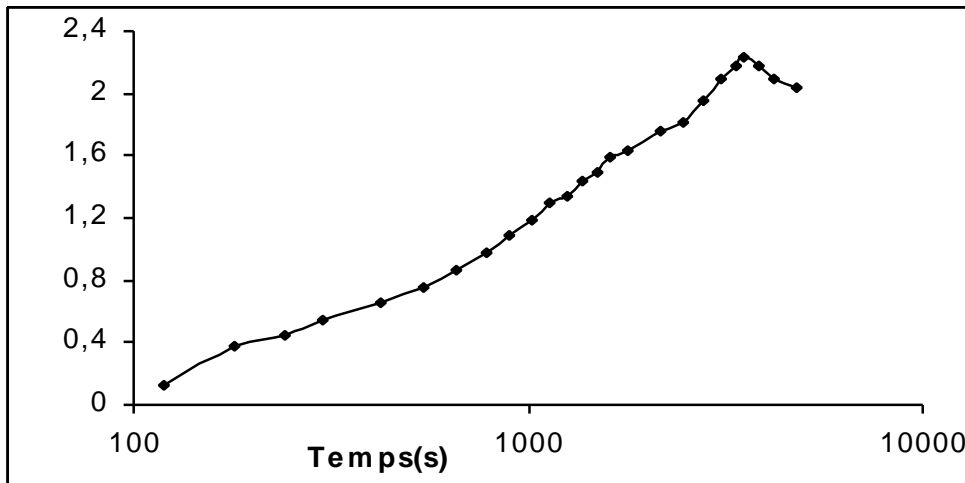


Fig. 21 : Courbe de descente de puits 8

• Courbe de remonte :

L'essai a une durée de 2hr, selon la fig.22 de la droite de remonte la pente =1.23m pour un débit $Q=12.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$T=0.183 Q/C \text{ m}^2/\text{s}$.

$T_r = 0.183 \cdot 12.5 \cdot 10^{-3} / 1.23 = 1.86 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$T_r = 1.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

On a $T = K \cdot h$ donc $K = T/h = 8.75 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

$$K_r = 8.75 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

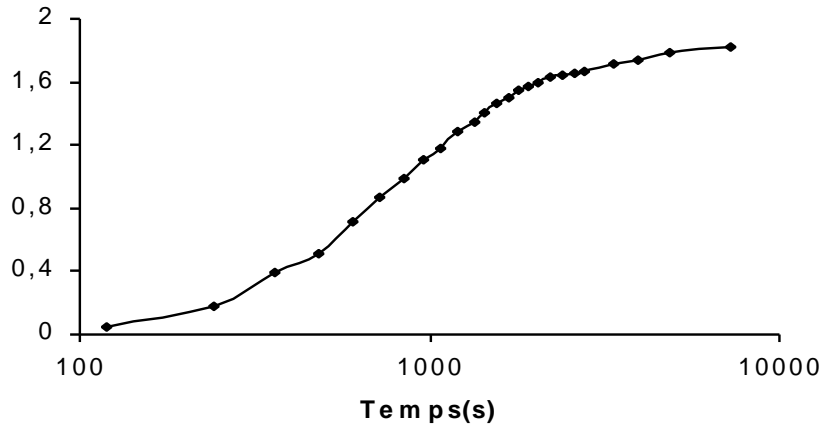


Fig. 22 : Courbe de remonte de puits 8

La transmissivité moyennes est : $T_m = 1.69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

La perméabilité moyenne est : $K_m = 8.42 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

IV.7. Conclusion

L'étude hydrogéologique et l'interprétation des essais par pompage montre que l'aquifère est alluvionnaire, votre caractéristique dynamique sont les suivant :

- La transmissivité moyenne déterminé par la méthode de Jacob est une valeur de l'ordre de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.
- L'épaisseur moyenne de L'aquifère est de l'ordre de 19m.
- La perméabilité moyenne est une valeur de l'ordre de 10^{-5} m/s .

L'analyse piézométrique montre que la morphologie de la surface piézométrique est uniforme avec une direction générale de l'écoulement Sud-Nord et Est-Ouest, et un gradient hydraulique varie entre 10^{-3} - 10^{-4} .

CHAPITRE V
Etude Hydrochimique

V. ETUDE HYDROCHIMIQUE

V.1.Introduction

L'intérêt principal de cette étude hydrochimique est de déterminer l'impact de lixiviat de la décharge publique de ZefZef sur la qualité des eaux souterraines de la plaine. Et pour cette intérêt on a fait plusieurs campagnes de prélèvement, chaque campagne contient 21 échantillons

à partir de Novembre 2005 à Novembre 2006 (20 échantillon des puits et un échant de lixiviat).

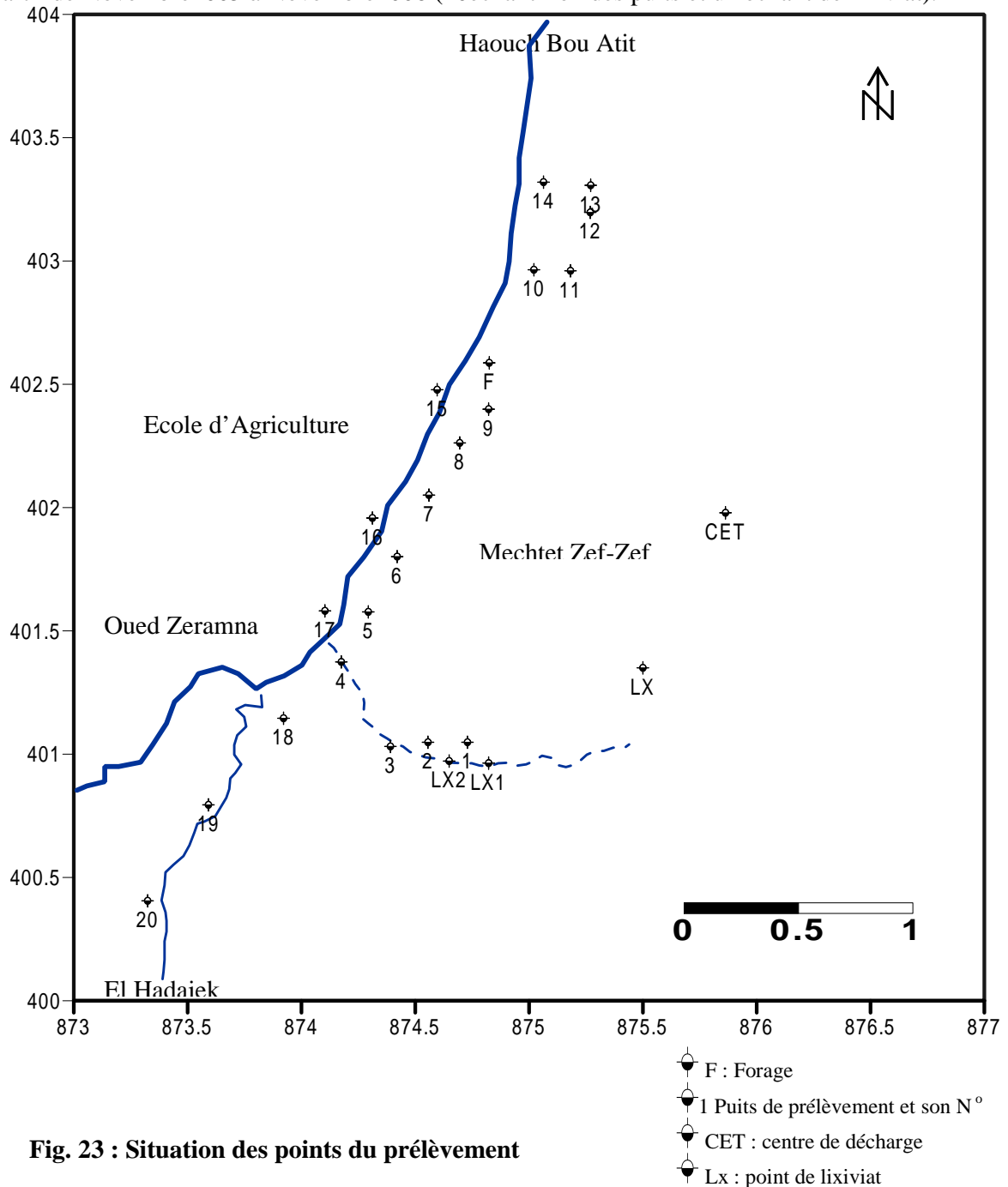


Fig. 23 : Situation des points du prélèvement

V.2.Choix des paramètres étudiés

Le choix des puits de surveillance tient compte de leur position vis à vis de la décharge, du réseau drainant ces derniers et du sens d'écoulement des eaux de la nappe. L'étude à caractère physico-chimique, a permis de suivre les variations de certains paramètres qui sont des éléments indicateurs de la pollution (NO^{-3} , pH, CE, Eh, O_2 , DBO_5 , DCO,..., les éléments majeurs et les métaux lourds).

V.2.Echantillonnage

Les prélèvements d'eau ont été effectués à l'aide d'un échantillonneur dans une nappe superficielle à partir de 20 puits et un point de lixiviat.

Les échantillons destinés aux analyses physico chimiques sont prélevés dans des flacons en plastiques. Ces flacons sont rincés à l'eau distillée et égouttés avant d'être rincés plusieurs fois et remplis par l'eau à analyser.

Les échantillons destinés aux analyses bactériologiques sont prélevés dans des flacons en verre doivent être stérilisés au four pasteur à 180°C pendant 1hr30.

V.4.Méthodes d'analyse

V.4.1.Mesure in situ

Cinq paramètres physico-chimiques sont mesurés in situ à l'aide des différents appareils de la même marque WTW.

V.4.1.1.Température, pH, Potentiel Redox (EH)

Ces paramètres ont été mesurés in situ à l'aide d'un pH mètre

V.4.1.2.La conductivité Electrique (CE), la salinité

La mesure a été déterminée sur place par un conductimètre

V.4.1.3.L'oxygène dissous (O_2)

La mesure a été effectuée immédiatement après le prélèvement par un Oxymètre.

V.4.2.Analyse des éléments chimiques (au laboratoire)

V.4.2.1.Les bicarbonates (HCO_3^-), la dureté totale TH ($\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$), les Chlorures(Cl^-), le calcium (Ca^{+2}), les nitrates (NO_3^-), l'ammonium (NH_4^+) et le titre alcalimétrique TA

Les dosages ont été effectués par potentiométrie et par volumétrie.

V.4.2.2.Les nitrites (NO_2^-), les sulfates (SO_4) et les phosphates (P^{-2}O_4)

Ces éléments ont été déterminés par spectrométrie.

V.4.2.3.Le sodium (Na^+), le potassium (K^+)

Les paramètres ont été déterminés par spectrophotomètre à flamme

V.4.2.4. Les métaux lourds (Pb, Cr, Fer, Zn et Cu)

Les paramètres ont été déterminés par spectrophotomètre à flamme (absorption atomique)

V.4.2.5. La turbidité

La turbidité a été mesurée par un turbidimètre.

V.4.2.6. La demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)

La DBO₅ a été mesurée par un DBOmètre

V.4.2.7. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO a été mesurée par une méthode volumétrique (ASTM).

V.4.3. Les analyses bactériologiques (au niveau de laboratoire)

Les analyses bactériologiques ont été mesurées par la méthode de dénombrement.

V.5. Caractérisation chimique du Lixiviat de la décharge de ZefZef

V.5.1. Résultats

V. 5.1.1. Température

Les températures mesurées au niveau du lixiviat de la décharge sont 31,5°C au mois de juin et 18,3°C pendant novembre.

V. 5.1.2. pH

Les valeurs des pH mesurées au niveau de lixiviats de la décharge sont 8,08 et 8,35 pendant les mois de novembre et juin respectivement.

V.5.1.3. Potentiel d'oxydo réduction (Eh)

Les valeurs de Eh au niveau du lixiviat est toujours négatif varient entre -83 et -60 mv pendant les mois de Juin et Novembre.

V.5.1.4. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique sont exprimés en mS/cm, les valeurs enregistrées au niveau du lixiviat varient entre 13,7 et 34,2 mS/Cm pendant les mois de Juin et Novembre respectivement.

V.5.1.5. Salinité

La salinité mesurée au niveau du lixiviat de la décharge évolue entre 14,3 et 18,7g/l pendant les mois de Juin et Novembre respectivement.

V.5.1.6. Oxygène dissous (O₂)

Les valeurs de l'oxygène dissous au niveau de lixiviat varient entre 1,37 et 1,51 mg/l aux mois de Juin et Novembre respectivement.

V.5.1.7. Turbidité

La turbidité mesurée au niveau du lixiviat de la décharge est 1,51NTU (Nephelométric Turbidity Unit) au mois de Novembre et 2,4NTU pendant le mois de Juin.

V.5.1.8. Les éléments inorganiques

Les teneurs en chlorures relevées montrent qu'il s'agit d'un lixiviat très chargé en chlorures. Elles varient entre 8165 et 11189,6 mg/l aux mois de Juin et Novembre respectivement.

Les valeurs des sulfates sont relativement fortes au niveau du lixiviat, au mois de Juin 535,4 mg/l et 169,5 mg/l au Novembre.

Le lixiviat généré par la décharge présente des valeurs faibles en sodium, avec une teneur de 314,3mg/l au mois de Juin et 476,1mg/l au Novembre.

Le lixiviat est très riche en calcium Les teneurs sont 1200 mg/l au mois de Juin et 1100mg/l au mois de Novembre. Les concentrations en magnésium relativement faible sont 300 mg/l et 200mg/l au mois de Juin et Novembre respectivement.

Les concentrations en bicarbonates dans le lixiviat de la décharge sont relativement importantes 5100 mg/l au Juin et 5700 mg/l au Novembre.

V.5.1.9. les éléments azotés

Les résultats des analyses du lixiviat au mois de Novembre montrent une concentration de 200 mg/l en nitrates. Cependant, la teneur en azote ammoniacal est très importante, elle est de l'ordre de 5000mg/l. Les concentrations en nitrite relativement faible varient entre 28 et 10 mg/l aux mois de Juin et Novembre respectivement.

V.5.1.10. Matières organiques DBO₅ et DCO

Les concentrations en matière organique biodégradable (DBO₅) dans le lixiviat sont relativement très fortes d'ordre de 169mg/l au mois de Juin et 197 mg/l pendant le mois de Novembre.

Les teneurs en matière organique oxydable (DCO) sont importantes, avec une concentration de 319,7 mg/l au mois de Novembre.

Le rapport DBO₅ / DCO est égal à 0,6.

V.5.1.11. Les éléments métalliques

a. Introduction

Les métaux qui présents dans l'environnement, accusent des concentrations qui varient selon la géologie du site considéré et les facteurs environnementaux. Ils pénètrent dans l'environnement sous l'action des phénomènes naturelles (météorisation des roches, éruptions volcaniques, ...), à partir de dépôts atmosphériques et aussi à partir de sources anthropiques.

Les eaux souterraines sont contaminées par des métaux provenant principalement de sources de pollution ponctuelles : zones de décharge, zones urbaines et industrielles.

Le problème majeur des métaux lourds réside dans le fait qu'ils ne sont pas éliminés par l'organisme (bioaccumulation), constituant ainsi un problème de toxicité à long terme.

Les activités humaines constituent actuellement la source principale de certains métaux qui à l'état de traces sont déjà toxiques pour l'homme. C'est le cas du mercure, du nickel, plomb, chrome, cobalt, cadmium, arsenic...

Les métaux peuvent être classés en trois catégories : toxiques couramment rencontrés, toxiques rares et non toxiques (Tableau.15).

Tableau. 15 : Classification des métaux dans l'environnement suivant leur toxicité (Giannisis, 1980).

Toxique courant	Toxique rare	Non toxique
Be, As, Ag, Co, Sb, Hg, Ni, Au, Cu, Se, Pd, Zn, Te, Pt, Cd, Sn, Pb.	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba.	Ca, No, Sr, K, Al, Rb, Fe, Mg, Si.

b.Résultats des analyses du lixiviat

L'examen des résultats montre clairement l'importance de la charge métallique du lixiviat issu de la décharge de ZefZef.

Le fer est le métal le plus abondant de l'ordre de 15140 µg/l au mois de Juin et 6170 µg/l au mois de Novembre. Les métaux toxiques présentent des teneurs relativement faible : Plomb= 96µg/l au mois de Juin et 18 µg/l au mois de Novembre ; Cuivre = 56µg/l au mois de Juin et 23 µg/l au mois de Novembre ; le Zinc 560µg/l au mois de Juin et 140µg/l au mois de Novembre.

La charge métallique dans le lixiviat de la décharge, montre que les métaux lourds présentent une variation saisonnière considérable (tableau.16).

V.5.1.12.Les éléments bactériologique

Le lixiviat de la décharge est très chargée en élément bactériologique : les coliformes totaux (CT) 2400 germes/100ml, les coliformes fécaux (CF) 2400 germes/100ml et les streptocoques fécaux (Str) 2400 germes/100ml.

Tableau. 16: Composition physico-chimique et bactériologiques du lixiviat de la décharge de ZefZef (Juin et Novembre 2006).

Paramètre	Juin	Novembre	Paramètre	Juin	Novembre
T (°C)	31,5	18,3	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	5100	5700
pH	8,35	8,08	NO ₃ ⁻ (mg/l)	-	200
Eh (mv)	-83	-60	NO ₂ ⁻ (mg/l)	28	10
CE (mS/cm ⁻¹)	13,7	34,2	NH ₄ ⁺ (mg/l)	-	5000
Salinité (g/l)	14,3	18,7	DBO ₅ (mg/l)	169	197
O ₂ dissous (mg/l)	1,37	1,51	DCO (mg/l)	-	319,9
Turbidité (NTU)	1,51	2,4	Fe (mg/l)	15,41	6,17
Cl ⁻ (mg/l)	8165	11189,6	Pb (mg/l)	0,096	0,018
Na ⁺ (mg/l)	295,5	432,4	Cu (mg/l)	0,056	0,023
K ⁺ (mg/l)	20,8	43,7	Zn(mg/l)	0,56	0,14
Ca ⁺⁺ (mg/l)	1200	1100	CT(germes/100ml)	-	2400
Mg ⁺⁺ (mg/l)	300	200	CF(germes/100ml)	-	2400
SO ₄ ⁻ (mg/l)	535,4	1069,5	Str(germes/100ml)	-	2400

V.5.2. Discussions générales

Les teneurs en matière organique du lixiviat produit par la décharge, exprimées en DBO₅ et en DCO, sont relativement fortes. La variation de la DBO₅ montre que c'est pendant la période estivale qu'elle présente les valeurs les plus faibles. Khattabi (2002) a montré qu'il y a une corrélation nette entre l'augmentation de la température et la diminution de la DBO₅. En effet, pendant cette période, on note un réchauffement des eaux du lixiviat permettant ainsi une intensification de l'activité des bactéries. Celles-ci vont permettre la dégradation de la matière organique biodégradable, présente dans le lixiviat. En hiver, les températures du jus de la décharge commencent à diminuer, constituant ainsi un facteur limitant des bactéries qui deviennent de plus en plus incapables de transformer cette matière organique biodégradable, ce qui conduit à une augmentation des valeurs de la DBO₅ pendant cette période. A l'opposé de la DBO₅, on note une augmentation de la DCO probablement due aux produits des composés de biodégradation incomplète par les bactéries (Khattabi, 2002).

Dans notre cas, on conclure que la décharge de ZefZef est une décharge jeune (DBO₅/DCO égal à 0,6). Le pH basique (8,21en moyenne), Ceci permet d'expliquer les fortes valeurs trouvées de la DBO₅ et DCO.

La biodégradation de la DBO₅, a entraîné une production relativement importante en azote total et en ammonium. Les teneurs en nitrates dans le lixiviat fortes suite aux phénomènes d'oxydo réduction qui règnent dans le site de la décharge.

Le lixiviat présente des valeurs de conductivité et des teneurs en chlorures très importantes, les fortes teneurs en chlorures sont enregistrées avec des maximas des températures. Ceci peut s'expliquer d'une part par une absence des précipitations qui peuvent engendrer des phénomènes de dilution, d'où les lixiviat deviennent de plus en plus riches en chlorures. L'évolution des concentrations en chlorures semble influencer celle de la conductivité électrique.

Les faibles teneurs en sulfates sont enregistrées en été, où les phénomènes de biodégradation bactérienne sont très intenses (réchauffement du lixiviat) et où les conditions du milieu sont très réductrices. Les sulfates sont ensuite réduits en sulfures (H₂S) qui sont parmi les gaz responsables des mauvaises odeurs dégagées par la décharge (Khattabi, 2002 ; Tazi, 2002).

Comme la plupart des éléments inorganiques, l'évolution des concentrations en calcium, magnésium dans le lixiviat est en relation avec la teneur en substance organique. Les concentrations maximales sont enregistrées pendant la période estivale.

Les concentrations en fer sont anormalement élevées dû à la recevoir des déchets renfermant du fer dans la décharge,

L'analyse de la composition en métaux lourds du lixiviat a mis en évidence l'importante charge métallique qui présente toutefois un risque énorme pour les eaux souterraines du fait qu'il y a un contact direct du lixiviat avec la nappe sous-jacente de la décharge. D'autre part, la faible profondeur des eaux souterraines de la plaine.

V.5.3.Conclusions

Nous pouvons conclure que le lixiviat généré par la décharge de ZefZef jeune et instable, constitue une importante source de pollution potentielle pour les eaux souterraines de la région. La forte charge polluante minérale, organique et métallique qu'il véhicule, entraîne ainsi la dégradation de la qualité physico-chimique des eaux de la nappe souterraine. Cette contamination dépend de plusieurs facteurs liés d'une part aux conditions d'exploitation du site et d'autre part aux facteurs géologiques et hydrogéologiques de la zone qui fait que cette pollution est très importante et continue dans le temps et dans l'espace en l'absence de toute mesure de remédiation. Parmi ces facteurs déterminants, nous pouvons citer :

- dépotoir à ciel ouvert (contact direct avec les conditions climatiques) ;
- absence de système de récupération et de drainage des lixiviats ;
- faible profondeur de la nappe, de l'ordre de 7 à 30 m ;

- sol et zone non saturée peu perméables ;
- contact direct de la nappe avec le rejet du lixiviat qui ruisselle l'extérieur de la décharge.

V.6. Traceurs de la contamination des eaux souterraines et sont évolutions

V.6.1. Introduction

Le risque de pollution et de dégradation de la qualité physico-chimique des nappes par les lixiviats de décharge, depuis longtemps, fait objet de plusieurs études. Certains ont montré que cette pollution est quasiment absente. D'autres, au contraire, ont montré qu'effectivement les lixiviats générés par les décharges présentent un énorme danger pour les eaux souterraines, s'ils ne sont pas collectés et drainés.

L'objet de cette partie est de mettre en évidence l'impact du lixiviat générés par la décharge de ZefZef sur la dégradation de la qualité physico-chimique de la nappe sous-jacente, en focalisant sur les éléments chimiques qui sont reconnus comme des traceurs de pollution engendrée par une décharge.

V.6.2. Variation des paramètres physiques

V.6.2.1. la conductivité électrique

L'ensemble des puits suivis pendant cette étude, présente des conductivités électriques importantes. Les valeurs varient entre 0,1 mS/cm et 6,2 mS/cm.

Les valeurs les plus élevés sont atteints au mois de Janvier et Juillet dans au niveau des puits 2,3,4,5,11,12,13 et 14 les plus proches du lixiviat et dans le chemin du sens d'écoulement, ils sont supérieurs aux normes françaises de potabilité (1,5 ms/cm). (fig 24)

V.6.2.2. La salinité

Les valeurs de la salinité sont importantes varie entre 0.0 et 3.2 mg/l, Les valeurs les plus élevés sont remarqués à la partie aval du site de la décharge et surtout au niveau des puits 2,3,4,11,12,13 et 14. (fig 25)

Les fortes valeurs de conductivité et de salinité enregistrées au niveau des puits situés en aval de la décharge peut être due à la contamination par les eaux de lixiviat générés au niveau de la décharge qui fait indirectement par l'infiltration et la percolation des lixiviats à travers le sol et la zone non saturée en général peu perméables. Elle est favorisée par la faible profondeur de la nappe (7 à 30 m).

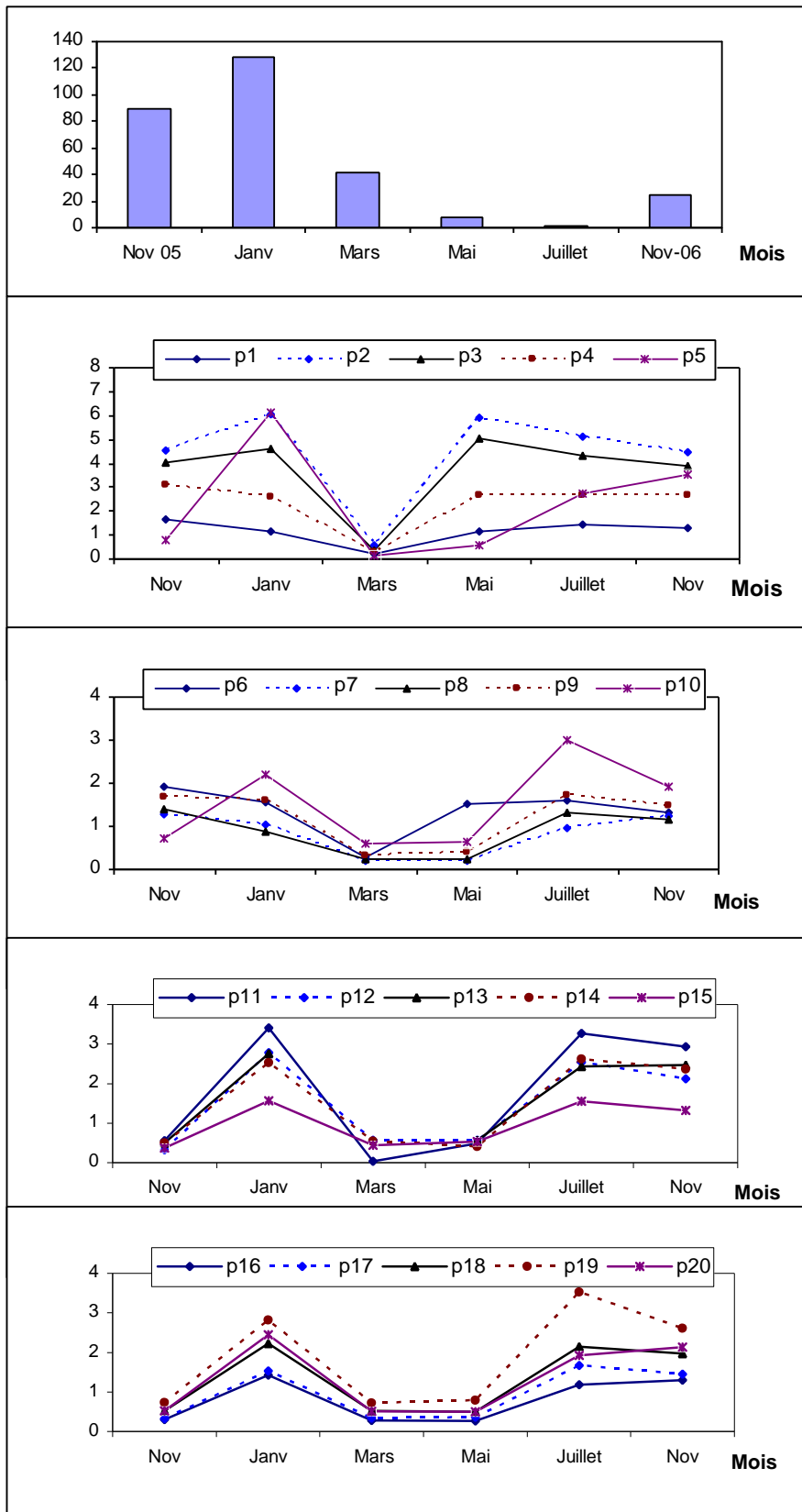


Fig. 24 : Variation de la Conductivité Electrique (Nov 05-Nov 06)

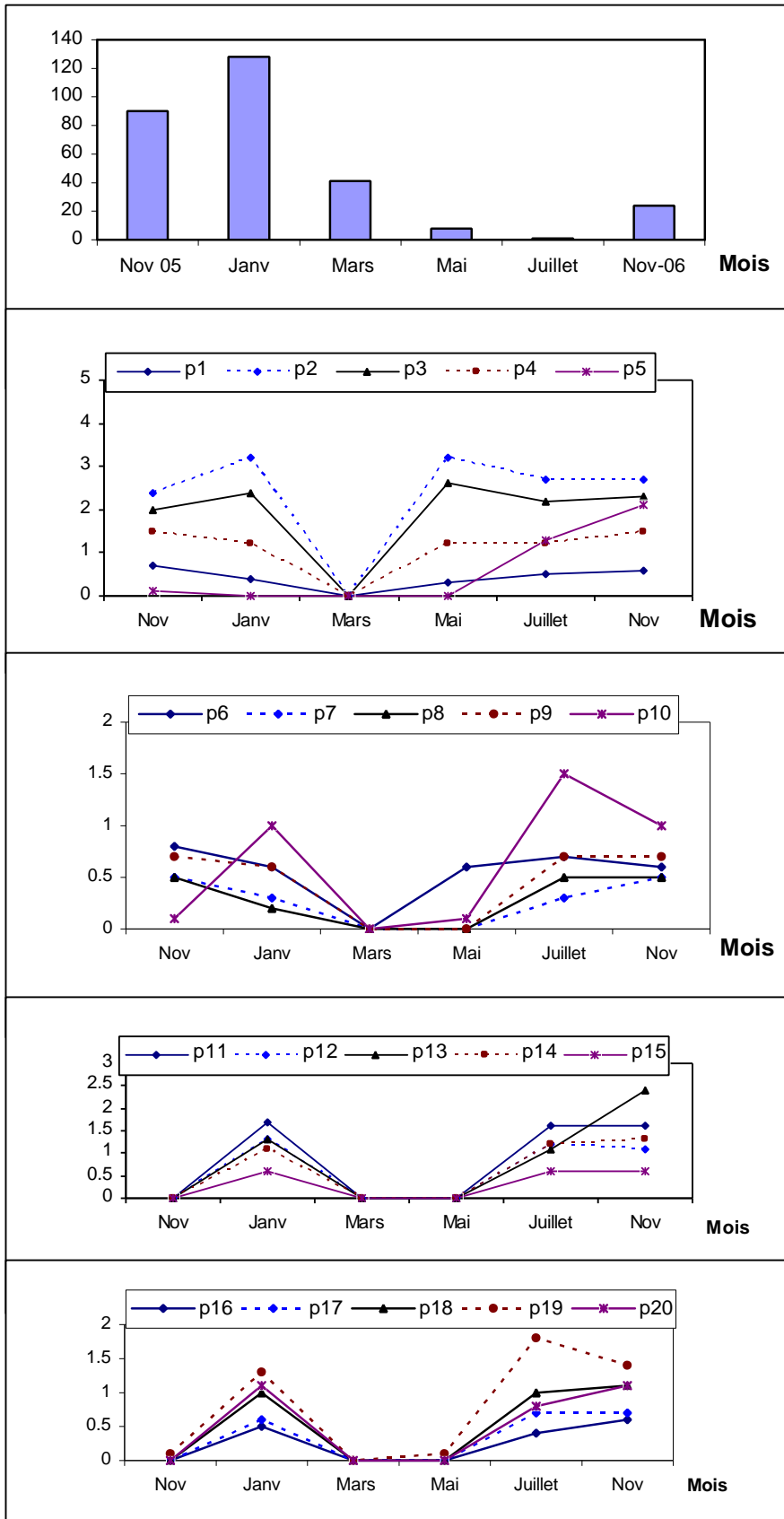


Fig. 25 : Variation de la Salinité (Nov 05-Nov 06)

V.6.2.3.Le pH

Les mesurées du pH au niveau des puits de la plaine évoluent entre 5 et 7,68, les valeurs les plus élevés sont observés au mois de Janvier et les valeurs inférieures aux normes (6.5-8.5) sont observés au mois de Mai et dans tous les puits. (fig26).

V.6.2.4.La température

Les températures mesurées au niveau des puits de la plaine évoluent entre 11 et 26°C. Les valeurs maximales sont enregistrées pendant le mois de juillet (Fig27).

V.6.2.5.Le potentiel d'oxydoréduction (Eh)

Aux niveaux des puits on a observé deux caractères de Eh (Fig. 28) :

- Eh positif presque dans toute les mois où pH est inférieur à 7 qui indique un milieu oxydant (bactéries oxydants).
- Eh négatif au mois de Janvier où les pH est supérieur à 7 qui indique un milieu réductrice (présence des bactéries réductrices).

V.6.2.6. L'oxygène dissous (O₂)

Les valeurs de l'oxygène dissous varient entre 0, 5 et 11 mg/l. Les fortes valeurs atteints au mois de Mars et les faibles valeurs au mois de novembre (Fig.29).

V.6.2.7. Turbidité

La turbidité mesurée au niveau des puits de la plaine évolue entre 0,1 et 55 NTU (Fig.30).

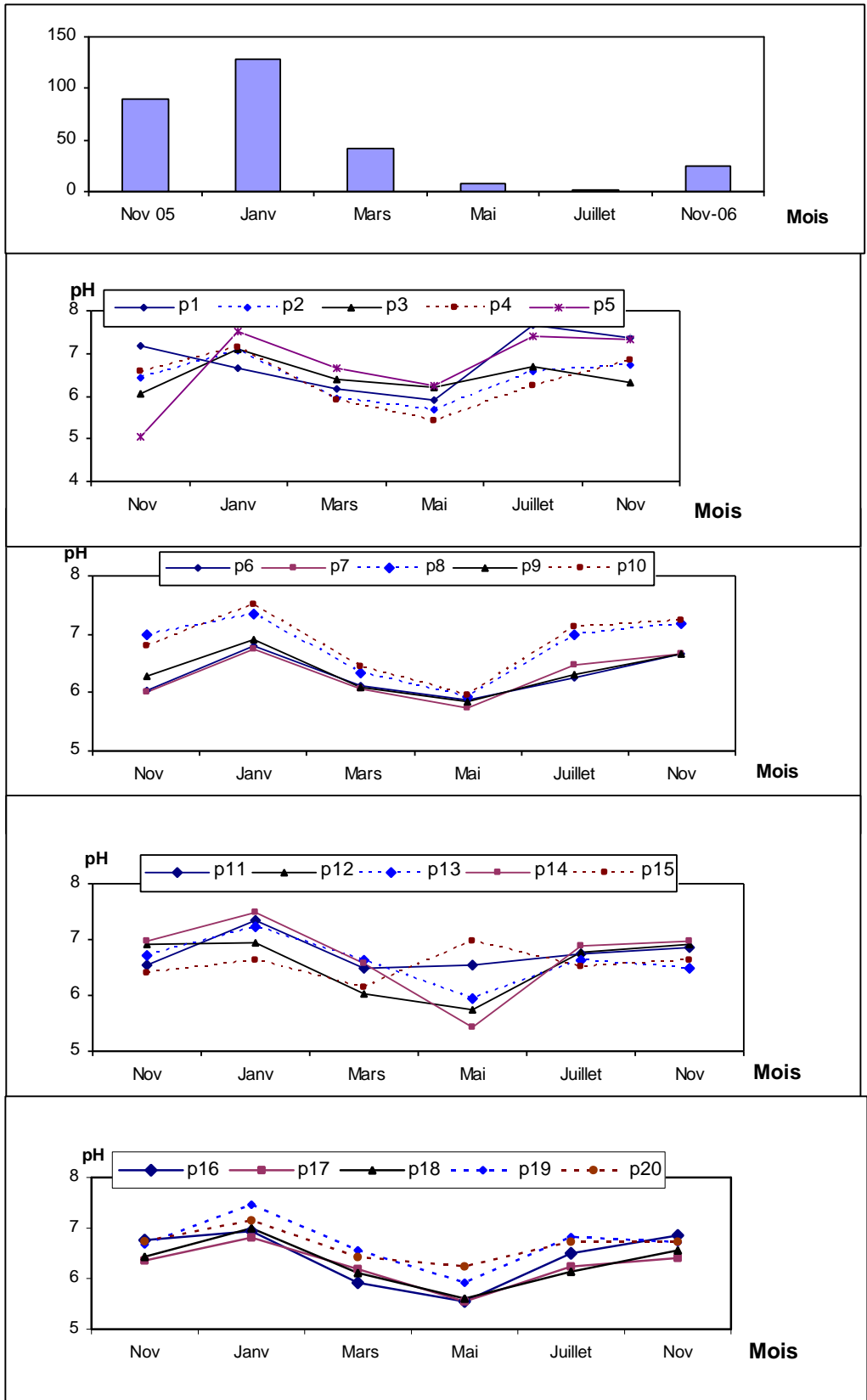


Fig.26 : Variation de pH (Nov 05-Nov 06)

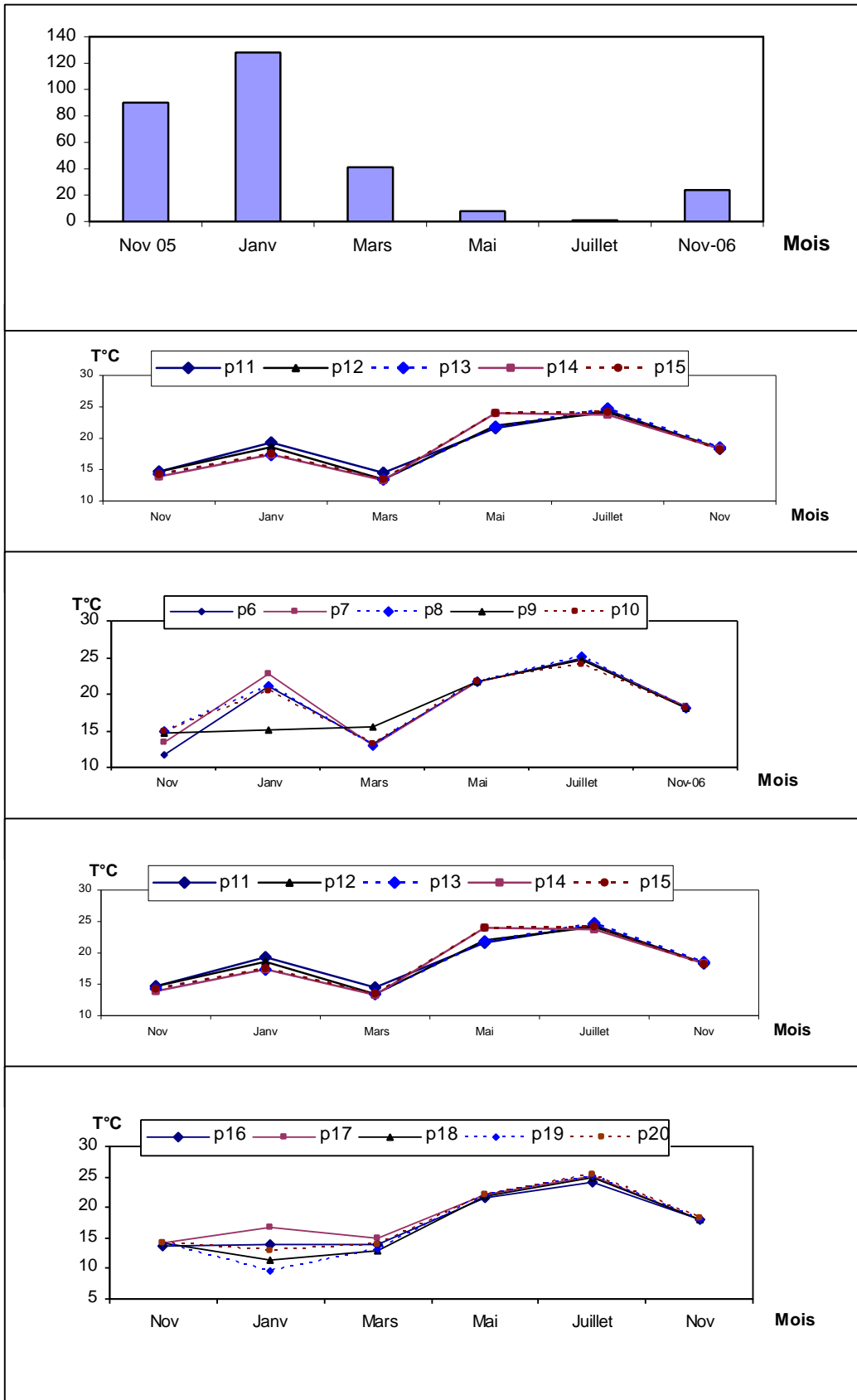


Fig.27 : Variation Température (Nov 05-Nov 06)

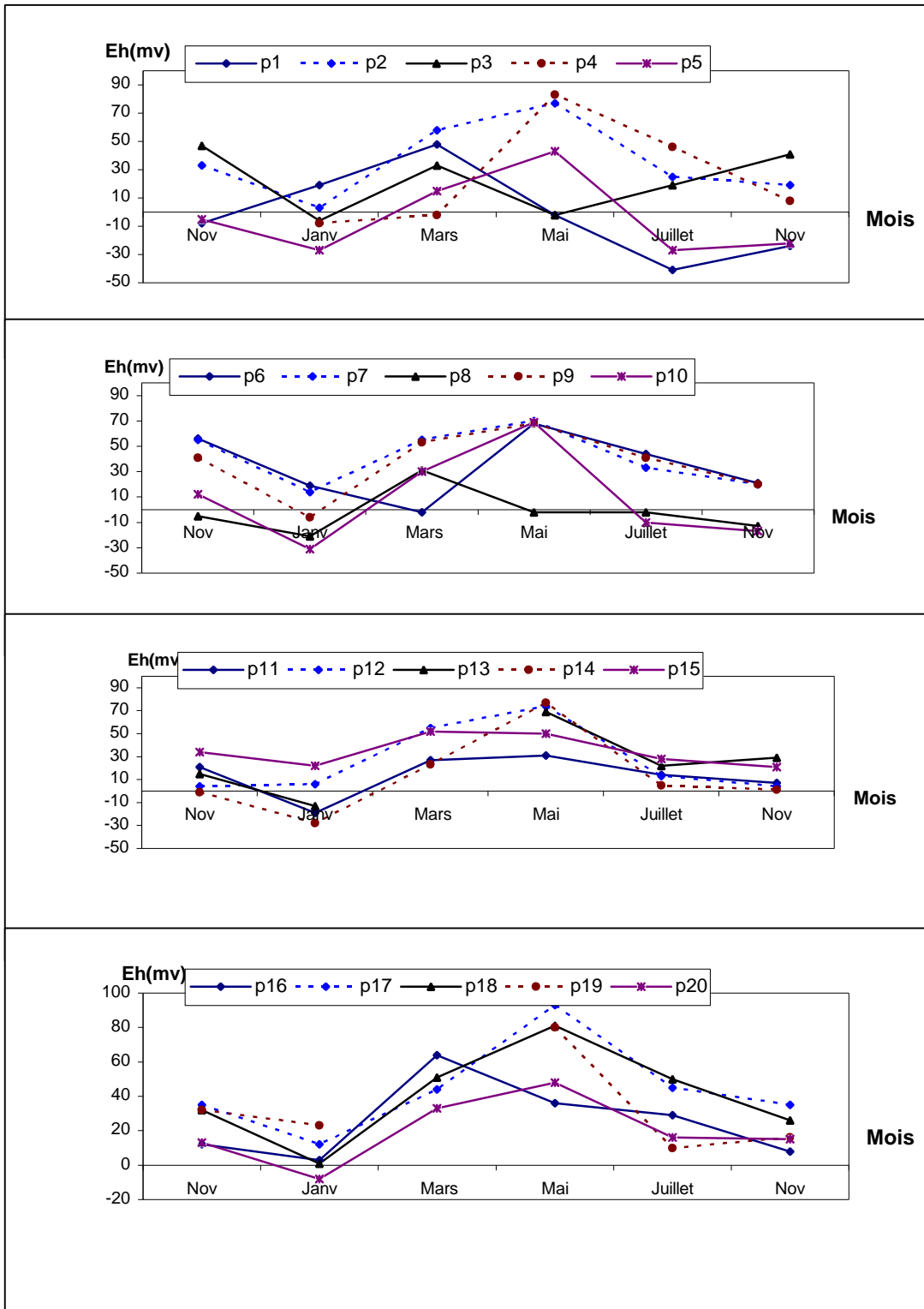


Fig.28 : Variation de Eh (Nov 05-Nov 06)

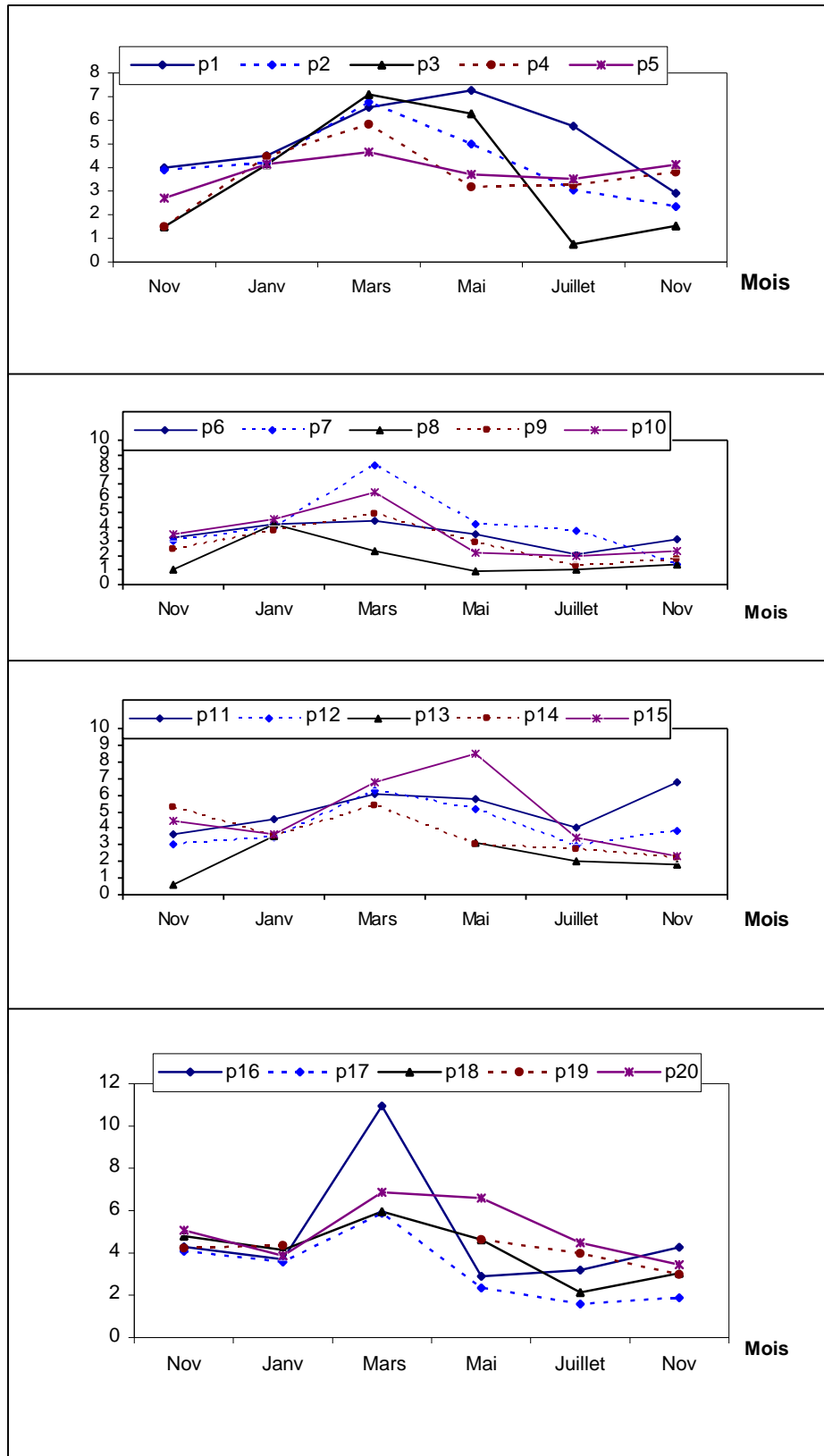


Fig.29 : Variation de O₂ dissous (Nov 05-Nov 06)

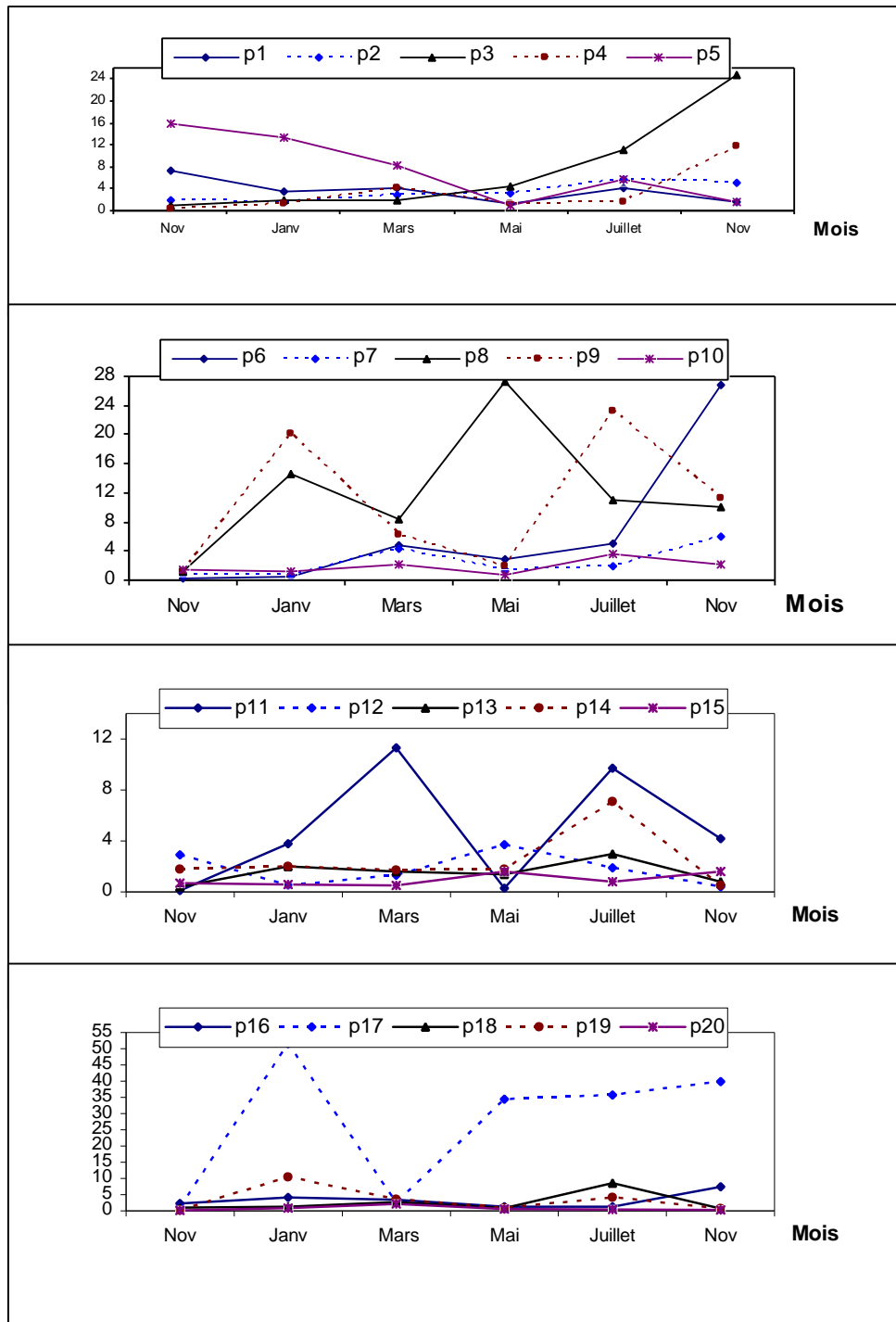


Fig.30 : Variation de Turbidité (Nov 05-Nov 06)

V.6.3. Variations des éléments chimiques

V.6.3.1. les chlorures

Les teneurs en chlorures mesurées au niveau du puits montrent des eaux souterraines très chargées en chlorures. Elles varient entre 227,2 et 1420 mg/l aux mois de juin et entre 316,16 et 1941,16 mg/l pendant novembre. Elles dépassent largement les normes de potabilité (250 mg/l) et les limites supérieures admissibles (600 mg/l) fixées par l'OMS (OMS, 1984). (fig31b)

La distribution des chlorures ainsi que leur évolution sont identiques à celles de la conductivité électrique. Cette bonne corrélation entre ces deux paramètres peut être démontrée par le graphe de la figure 31a et qui indique une distribution similaire entre la conductivité électrique et les chlorures. Ce qui nous permet de conclure que la charge saline des eaux souterraines de la région étudiée est déterminée principalement par les chlorures.

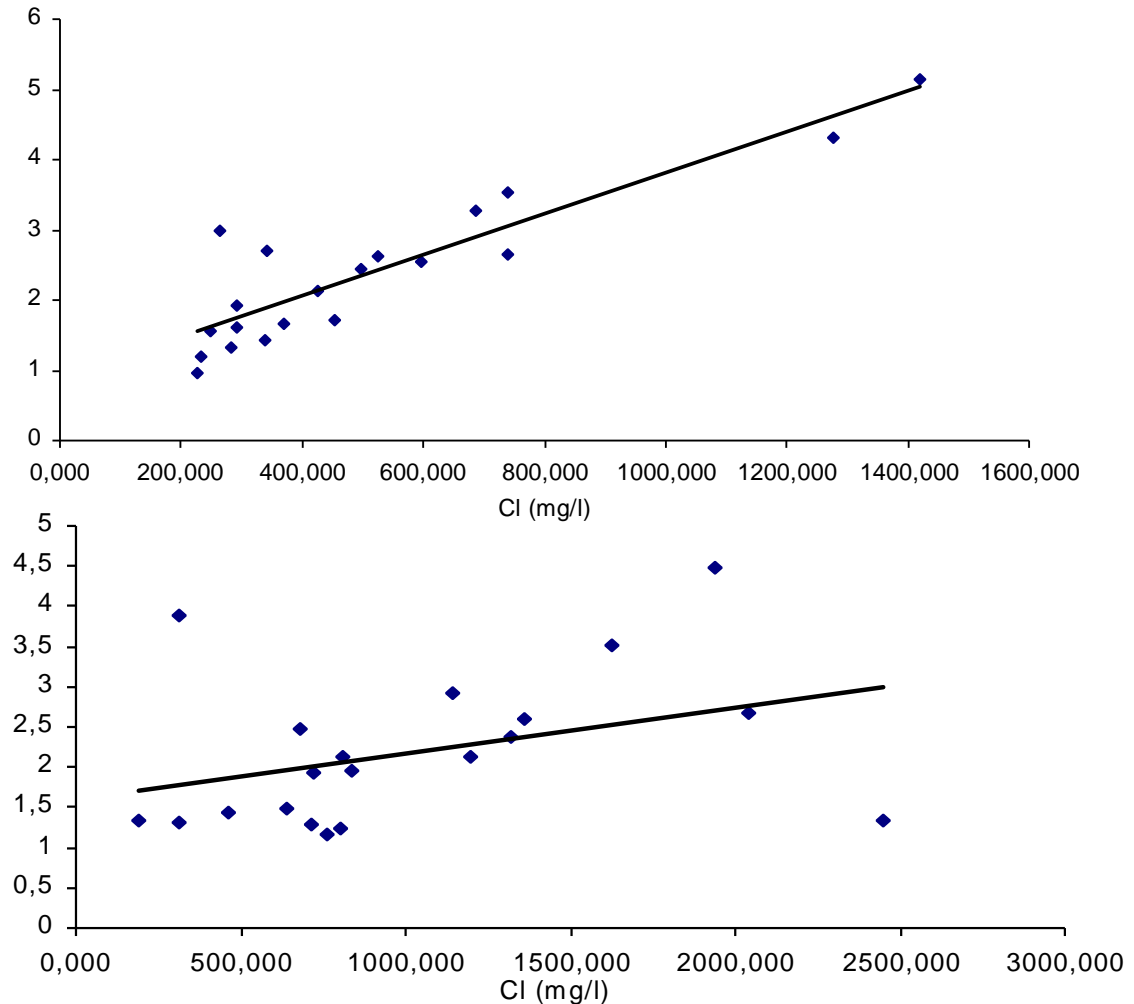


Fig.31a: Corrélation entre la conductivité électrique et les chlorure au mois de Juin et Novembre respectivement.

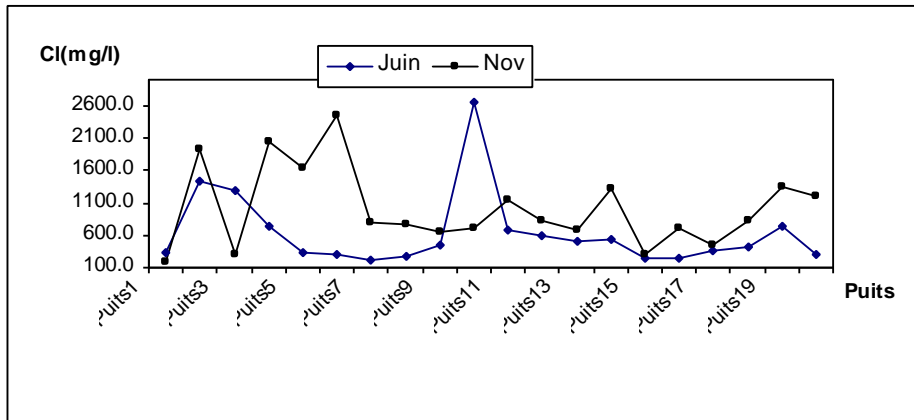


Fig. 31b: Variation des teneurs des Chlorures aux mois de Juin et Novembre

Les chlorures sont toujours caractérisés par des zones de concentrations élevées dans les secteurs situés à l’aval de la décharge, Cette forte charge est liée à une contamination indirecte par les lixiviats qui sont fortement chargés en chlorure. En effet, les déchets renferment des teneurs importantes en chlorure. La dégradation de ces déchets au niveau des décharges produit des percolats très chargés en cet élément chimique. L’ion chlorure est un élément très mobile, qui migre facilement vers les nappes sous-jacentes.

La contamination des eaux de la nappe par les lixiviats prend l’aspect d’un panache de pollution qui atteint les puits situés dans les secteurs aval en concordance avec le sens d’écoulement de la nappe. Ce qui explique les fortes teneurs en chlorures enregistrées au niveau de ces puits.

V.6.3.2. Les sulfates

Les teneurs en sulfate des eaux naturelles sont variables, dans le mois de Juin ils ne dépassent pas les normes, mais dans le mois de Novembre les teneurs en sulfates dans les puits situés dans les secteurs aval en concordance avec le sens d’écoulement du lixiviat sont supérieures aux normes de potabilité (250 mg/l) et au seuil maximal admissible (400 mg/l) fixés par l’OMS (1977) (fig. 32).

Les concentrations varient entre 5 et 178mg/l aux mois de Juin et entre 14,5 et 776 mg/l pendant Novembre. La forte charge en sulfate pendant novembre dans quelques puits est en relation avec l’infiltration et le lessivage du lixiviat au niveau de ces zones.

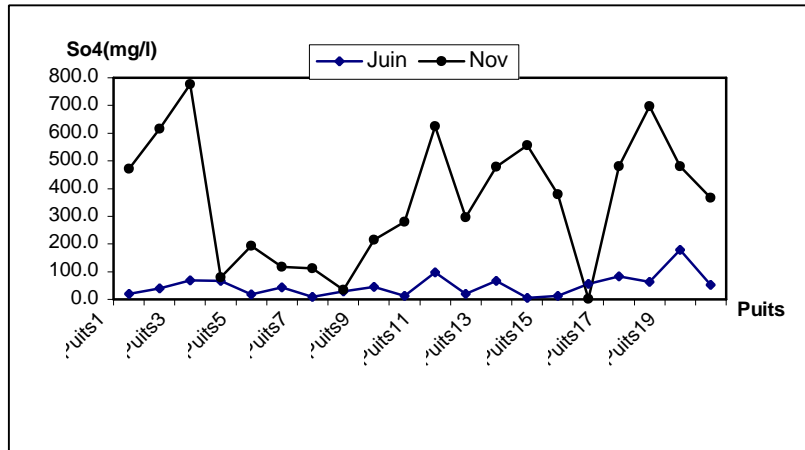


Fig. 32: Variation des teneurs des Sulfates aux mois de Juin et Novembre

V.6.3.3. Les bicarbonates

Les concentrations des bicarbonates sont importants qui varient entre 110 et 350mg/l aux mois de Juin et entre 130 et 380mg/l pendant Novembre. La variation est presque identique pendant les deux mois.

L'origine de bicarbonates est en relation avec l'infiltration et le lessivage du lixiviat ou à la géologie du site.

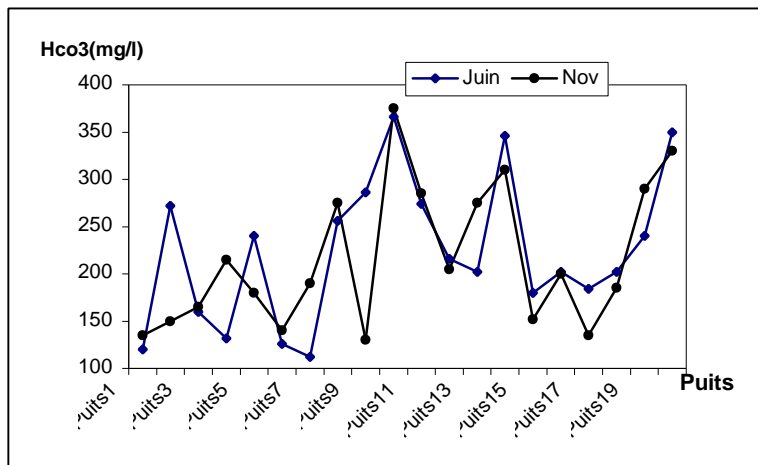


Fig. 33 : Variation des teneurs des Bicarbonates aux mois de Juin et Novembre

V.6.3.4. Le Sodium et le Potassium

Les teneurs de sodium mesuré au niveau du puits varient entre 54,1 et 585,9 mg/l au mois de juin et entre 41,25 et 86,28 mg/l au mois de novembre. (fig 34)

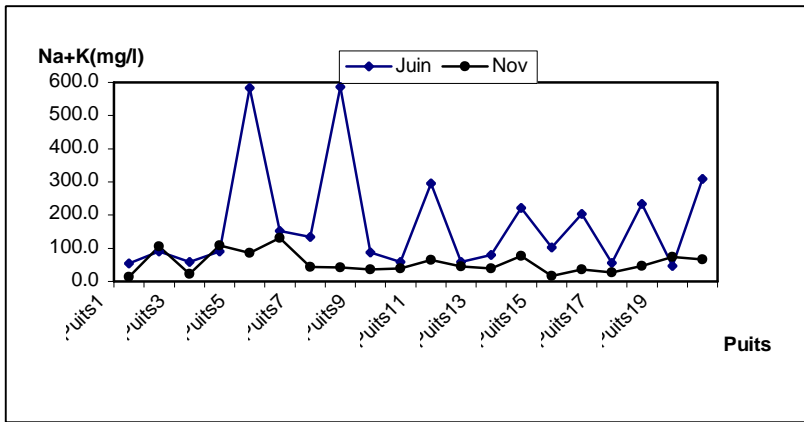


Fig. 34 : Variation des teneurs de Na⁺ et K⁺ aux mois de Juin et Novembre

V.6.3.5. Magnésium

Les teneurs de magnésium mesurés au niveau du puits varient entre 88 et 1063mg/l au mois de juin et entre 70 et 560 mg/l au mois de novembre. (fig 35)

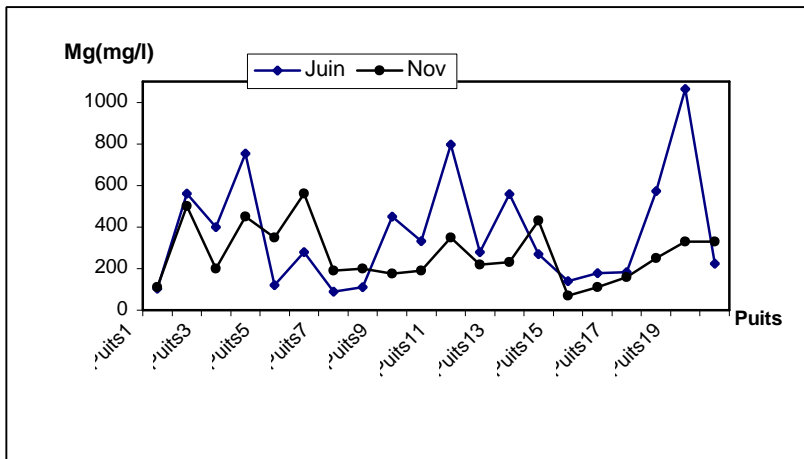


Fig. 35 : Variation des teneurs de Magnésium aux mois de Juin et Novembre

V.6.3.6. Calcium

Les teneurs de calcium mesuré au niveau du puits varient entre 120 et 612 mg/l au mois de juin et entre 100 et 500 mg/l au mois de novembre. (fig 36)

Le calcium et le magnésium présentent la même variation que le sodium (teneurs maximales au mois de juin).

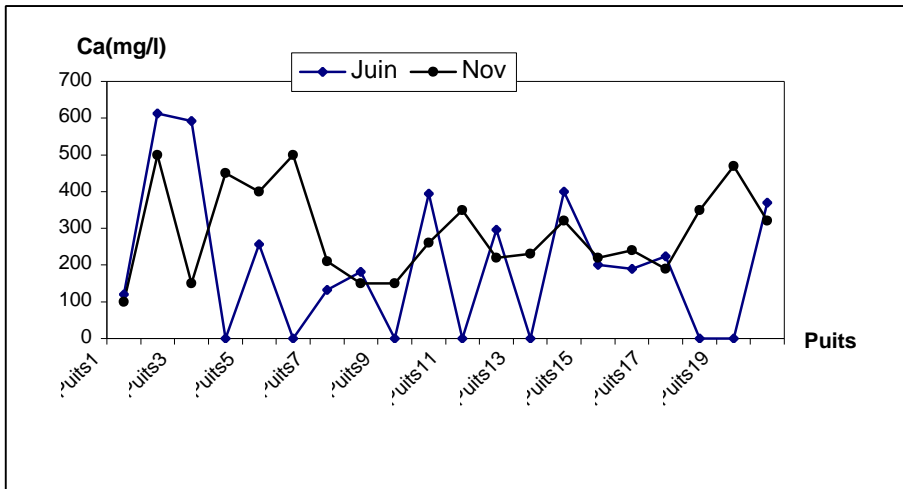


Fig. 36 : Variation des teneurs de Calcium aux mois de Juin et Novembre

V.6.3.7. L'ammonium NH₄, NO₃ et NO₂

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines résulte d'une contamination de surface liée essentiellement à l'infiltration des eaux du lixiviat de décharge, aux rejets d'effluents domestiques et industriels ou à un phénomène de réduction naturelle des nitrates. L'ammonium présent dans les nappes d'eau souterraine à surface libre, est généralement issu de la dégradation incomplète de la matière organique.

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines de ZefZef est faible sauf dans quelques puits. Ces puits ont des teneurs anormalement élevées ammonium dépassant largement la norme de potabilité et des teneurs faible en nitrate qui indique la présence de phénomène de réduction de nitrate (fig.37). Ceci indique que la présence d'ammonium au niveau de ces puits est le résultat indirect de la contamination par les lixiviats riches en nitrate (200mg/l) et en ammonium (5000) mg/l résultant de la dégradation de la matière organique présente dans les déchets.

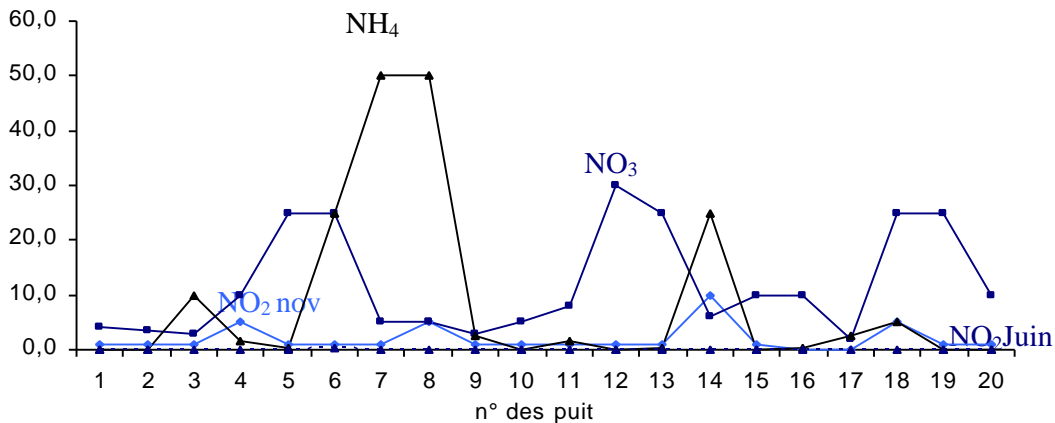


Fig. 37 : Variations des nitrates, nitrites et ammonium au mois de Novembre

V.6.3.8. La matière organique

La matière organique est un paramètre primordial dans la quantification de la pollution. Différentes méthodes sont établies pour déterminer quantitativement et qualitativement la pollution organique (DCO, DBO₅, oxydabilité).

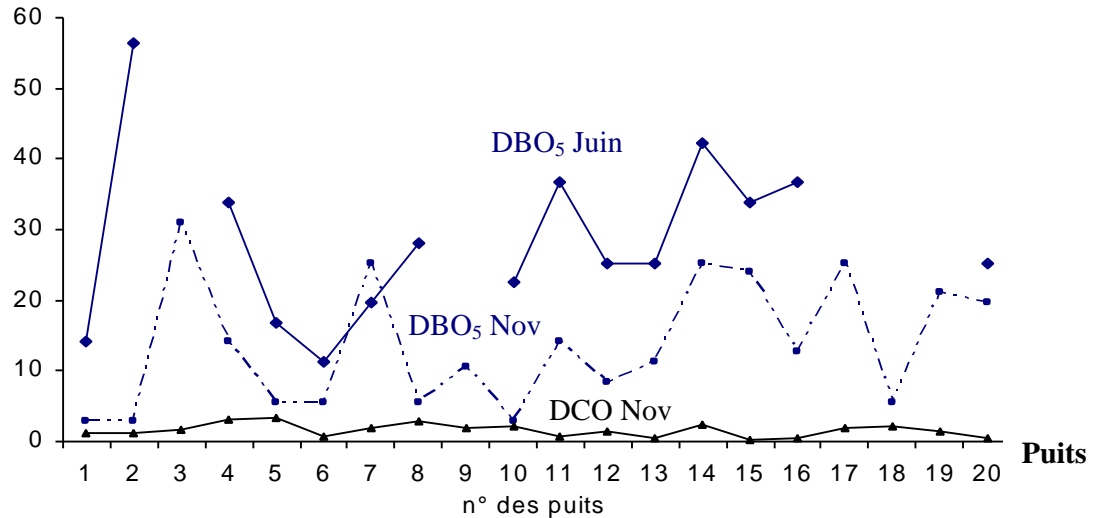


Fig. 38 : Teneurs de la matière organique dans les puits

Les eaux souterraines naturelles contiennent généralement peu ou pas de matière organique (in Guessir, 1995). Cependant, Les valeurs de la DBO₅ sont importantes et pouvant dépasser 40 mg/l. Les faibles valeurs de la DBO₅ sont observées pendant le mois de novembre. Les valeurs de la DCO sont Faibles au niveau de tous les puits. (Fig38)

V.6.3.9. Les métaux lourds

L'ensemble des puits analysés présentent des teneurs en Cuivre, Chrome, Fer, Zinc et Plomb.

V.6.3.9.1. Le Chrome

Les teneurs du Chrome varient entre 0.00et 0.16mg/l et presque tous les puits dépassent la norme (0.05mg/l) dans les deux mois Janvier et Novembre surtout les plus proche de la décharge à cause de lessivage du lixiviat.

V.6.3.9.2. Le Cuivre

Les teneurs du Cuivre varient entre 0.03et 0.35mg/l donc dans tous les puits ne dépassent pas la norme (1mg/l).

V.6.3.9.3. Le Plomb

Les valeurs des Plomb varient entre 0 et 0.4mg/l, au mois de Mars et Mai presque tous les puits dépassent la norme (0.05mg/l). Donc

V.6.3.9.5. Le Zinc

Les valeurs des Zinc varient entre 0 et 4mg/l, dans les puits les plus proche de chemin de lessivage du lixiviat presque tous les teneurs sont importants.

V.6.3.9.4. Le Fer

Des teneurs importantes en Fer et dépassent largement les normes de potabilité (200 µg/l) surtout dans les puits les plus proche de la décharge et de même chemin d'écoulement mais ne dépassent pas les normes d'irrigation (5mg/l)

La présence des métaux lourds due à la dilution des déchets, l'infiltration et la percolation des lixiviats à travers le sol et la zone non saturée qui sont peu perméables et surmontent une nappe à faibles profondeurs et se trouve en contact direct avec les eaux de percolation générées par la décharge qui véhiculent une importante charge métallique polluante et très

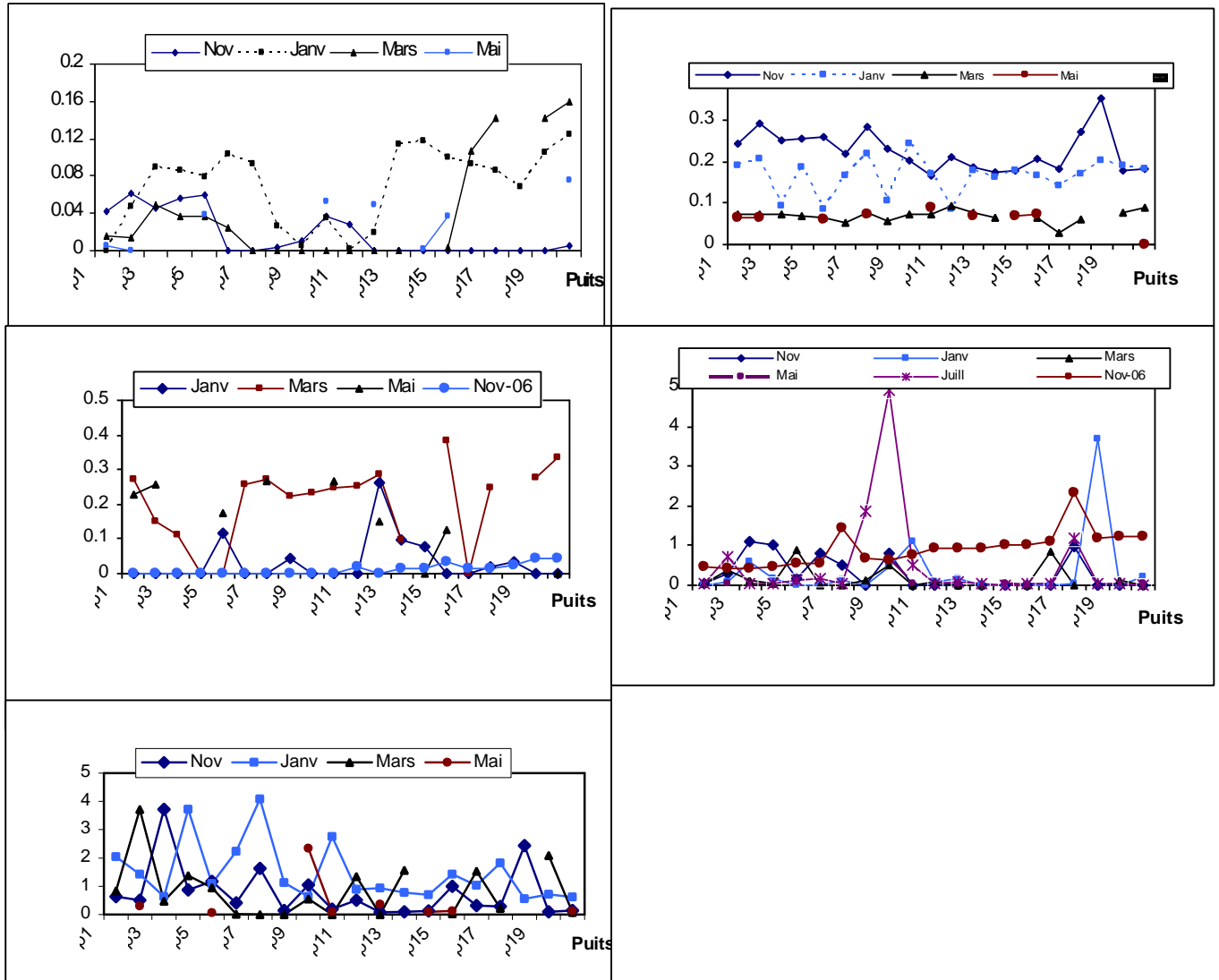


Fig.39 : Variation des Métaux dans les eaux des puits.

V.6. 4. Conclusions

Les résultats d'analyse des eaux souterraines montre une contamination par les lixiviats générés par la décharge de ZefZef se traduit par l'infiltration et la percolation de ces lixiviats à travers la zone non saturée. Elle progresse dans le sens d'écoulement de la nappe, sous forme d'un panache de pollution.

En effet, ce sont les puits situés à l'aval de la décharge, qui sont les plus vulnérables à cette contamination minérale, organique et métallique. Des conductivités électriques très corrélées à des teneurs élevées en chlorures sont fréquentes au niveau de ces puits. Ceci indique une contamination des eaux de ces puits par les lixiviats. Quant à la charge organique et métallique pratiquement négligeable dans les eaux souterraines naturelles, des teneurs ont été observées principalement dans les puits situés à l'aval de la décharge, dans le sens d'écoulement de la nappe. Ceci indique la contamination de la nappe phréatique par la décharge de ZefZef.

CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrogéochimique et hydrogéologique et piézométrique de la plaine de ZefZef a montré un aquifère peu vulnérable à la contamination par les lixiviats de la décharge contrôlée compactée, leur combinaison à d'autres outils de la géologie et de l'hydroclimatologie a permis de vérifier la source principale des charges polluantes des eaux souterraines.

Dans les secteurs situés à l'aval de la décharge, la source principale de contamination des eaux souterraines est liée à l'infiltration et la percolation des lixiviats à travers le sol et la zone non saturée.

L'étude géologique et hydrogéologique a porté sur la caractérisation lithologique, hydrodynamique et piézométrique de l'aquifère étudié. Elle a montré que la nappe phréatique peu perméable. L'étude piézométrique a permis que la nappe à faible profondeur (inférieure à 30m), elle sont observées à l'aval de la décharge. Ce sont des zones considérées comme les plus sensibles à la contamination par les eaux de lixiviat.

L'outil hydroclimatologie montre que le climat de la région d'étude est de type méditerranéen (hiver froid et été chaud). La moyenne annuelle de la précipitation est de l'ordre de 751.57mm/an. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18.46. Les eaux des pluies qui représentent la source principale de production des eaux des lixiviats et que la composition chimique de ces lixiviats dépend principalement de la température, de la pluie et du degré d'humidité.

La caractérisation physico-chimique du lixiviat produits par la décharge a montré qu'il s'agit d'un percolat jeune et instable, véhiculant une importante charge polluante en matières organiques exprimées en DBO_5 et en DCO ($DBO_5/DCO=0.6$). La variation de la DBO_5 montre que c'est pendant la période estivale qu'elle présente les valeurs les plus faibles.

La biodégradation de la DBO_5 a entraîné une production relativement importante en azote total et en ammonium. Les teneurs en nitrates dans les lixiviats sont fortes suite aux phénomènes d'oxydoréduction qui règnent dans le site de la décharge.

Le lixiviat présente des valeurs de conductivité et des teneurs en chlorures très importantes.

Les analyses des lixiviats sur les compositions en métaux lourds ont mis en évidence l'importante charge métallique. Les concentrations en Fer sont anormalement élevées dû à la présence de déchets renfermant du Fer dans la décharge.

La contamination dépend de plusieurs facteurs liés aux conditions d'exploitation du site (absence de système de récupération et de drainage de lixiviat...).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Boucenna, N ; Saadali, R.(2003)** : Evaluation des ressources en eau dans la région de Tamalous –Etude de faisabilité d’une retenue collinaire sur l’oued El Ahrach-. *Mémoire Ing ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 106p.*
- **Debieche, TH. (2002)** : Evolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et Métaux Lourds) sous l’effet de la pollution saline, Agricole et industrielle ; application à la basse plaine de la seybouse, Nord-Est Algérien. *Thèse Doct, Univ Comté, France, 199p.*
- .
- Bennama, T ; Debab, A ; Derriche, Z. (2004)** : Caractérisation physico-chimique et bactériologique des lixiviats de la décharge publique d’El-Karma. *Colloque international-Terre et Eau-. Annaba, Alger, pp505-508.*
- Boudoukha, A ; Gueraiche, Z. (2004)** : Comportement des polluants naturels et urbains dans les eaux de surface de oued Rhumel. *Colloque international-Terre et Eau-. Annaba, Alger, pp270-272.*
- Boulabeiz, M. (2006)** : Evolution des éléments chimiques et évaluation de risque des eaux souterraines à la pollution : Cas de la nappe de collo, Nord-Est Algérien. *Mémoire Magistère ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 108p.*
- Bounab, A** : Hydrogéologie de la plaine d’El Hadaiek-Synthèse des données et estimation des ressources en eau souterraines. *Mémoire Ing ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 58p.*
- Castany, G** : Eaux souterraines : Circulation des eaux souterraines, Ecoulement des eaux souterraines vers les ouvrages de captages, *3^e et 4^e partie.*
- Castany, G ; Margat, J.(1977)** : Dictionnaire français d’hydrogéologie. *251p*
- Castany, G. (1982)** : Principe et méthodes de l’hydrogéologie. *Bordas. Paris, 236p.*
- CEGEP** : Rapport d’étude : Etude d’impact sur l’environnement du centre d’enfouissement technique intercommunal de Skikda (ZefZef) ; *centre d’étude et de gestion de projets, Alger, 52p*
- .
- CEGEP** : Schéma Directeur de gestion des déchets solides urbains de la commune de Skikda. *Bureau d’étude ; centre d’étude et de gestion de projets, Alger, p.*
- CEGEP** : Schéma Directeur de gestion des ordures ménagères de la ville de Skikda & Dix autre communes environnantes. *Bureau d’étude ; centre d’étude et de gestion de projets, Alger, 125p.*
- Chofqui, A ; Younsi, A k ; Lhadi, E K; Mania, J ; Mudry, J ; Veron, A.(2004)** : Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer(El Jadida, Marocco). *Journal of african Earth Sciences xxx(2004)xxx-xxx, AES 1073, pp8, DTD=5.0.1.*

- Chofqui, A. (2004) :** Mise en évidence des mécanismes de contamination des eaux souterraines par les lixiviats d'une décharge incontrôlée (El Jadida-Maroc) : Géologie, Hydrogéologie, géoélectrique, géochimie et épidémiologie. *Thèse Doct, Univ Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc, 184p.*
- Cilf. (1978) :** Vocabulaire de l'Hydrologie et de la Météorologie. *La Maison du Dictionnaire, Paris, 237 p*
- Derradji, L.(2004) :** Identification quantitative et qualitative des ressources en eau de la région de Annaba-El Tarf (NE Algérienne). *Thèse Doct ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 200p.*
- Desjardins, R. (1997) :** Traitement des eaux, *2^e édition revue et améliorée. Paris, 200p.*
- Djabri, L. (1996) :** Mécanisme de la pollution et vulnérabilités des eaux de la Seybouse –Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. *Thèse Doct ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 261 p.*
- Djaouadi, L ; Seridi, H ; Taous, A. (1997) :** Contribution à la mise en valeur agricole de la plaine d'El Hadaiek Wilaya de Skikda. *Mémoire Ing ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 122p.*
- Guergaz, S ; Achour, S. (2004) :** Qualité des eaux de consommation de la ville de Biskra Conséquences sur la santé publique. *Colloque international-Terre et Eau-. Annaba, Alger, pp521-524.*
- Hani, A. (1989) :** Méthode d'interprétation des données de pompage d'essai. *Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 102p.*
- Houhamdi, M ; Mebarki, C ; Abbaci, S. (2004) :** Qualité microbiologique et physico-chimique des eaux des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi. *Colloque international-Terre et Eau-. Annaba, Alger, pp354-356.*
- Khattabi, H :** Intérêt de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). *Thèse Doct, Univ Comté, France, 171p.*
- Kherici, N. (1993) :** Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappe superposées en milieu industriel et agricole (Annaba-La Mafraigh). *Thèse Doct ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 170p.*
- Krim, S ;Zouaz, S.(2005) :** Etude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine d'El Hadaiek(wilaya de Skikda). *Mémoire Ing ; Univ Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 64p.*
- Labchir, R ; Banton, O. (1999) :** Atténuation des concentrations en nitrates lors de l'échange nappe-rivière. Rôle des bandes riveraines au Québec. *Hydrogéologie n°4, 1999, pp 51-60.*

- Lecomte, P. (199) :** Les Sites pollués- Traitement des sols et des eaux souterraines-, 2^e édition revue et augmentée. Paris, 200p.
- Marre, A. (1992) :** Le Tell Oriental Algérien de Collo à la Frontière Tunisienne-Etude géomorphologique, volume 1. OPU, Alger, pp.23 ; 121;259-264.
- Mémento. (1978) :** Technique de l'eau, Huitième Edition. Degrémont ,1201p.
- Organisation arabe pour l'éducation, la culture et les sciences. (1989) :** Dictionnaires des termes de géologie. Offices des publications universitaires, Alger, 291p.
- Payment, P ; Hartemann, P. (1998) :** Les contaminations de l'eau et leur effet sur la santé. Rev. Scl. Eau n°Spéciale, pp199-210.
- Portnoy, J w ; NOWICKI, B L ; Roman, C T ; Urish, D W. (1998) :** The discharge of nitrate-Contaminated ground water from developed shoreline to marsh-fringed estuary. *Water Resources Research*, Vol. 34, NO. 11, pp 3095-3104.
- Robert, P ; Joan, L ; Roberta, A ; Carmelene, A ; Diane, M ; Lonni, J ; Dorothy, F ; Harris, J (1978):** Annual Book Of ASTM Standards, part 31. American society for testing and Materials, 1232p.
- Rodier, J. (1996):** L'Analyse de l'eau-Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 8^e édition . Paris, 1383p.
- Schoeller, H. (1962):** Les eaux souterraines -Hydrologie Dynamique et chimique, Recharge, Exploitation et Evaluation des Ressources-, 642p.
- Sebei, A ; Chabani, F ; Souissi, F ; Saadi, A. (2004) :** Hydrologie et qualité des eaux de la nappe de Gronbalia (Tunisie Nord-orientale). *Sécheresse n°2 vol 15, juin 2004*, pp159-166.
- Tabouche, N ; Achour, S.(2004) :** Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara Septentrional Alger. *Larhyss journal*, ISSN1112-3680. n° 03, pp99-113.
- Thomas, O ; Mazas, N. (1986) :** La demande de la demande chimique en oxygène dans les milieux faiblement pollués. *Analisis*, v.14, n° 6, pp 300-302.
- Villa, J M. (1980) :** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doct ; Univ Pierre et Marie Curie, ParisVI, 655p.

-