

N° d'orde : 03/2018-D/G.C

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
« HOUARI BOUMEDIENNE »
FACULTE DE GENIE CIVIL



THESE

Présenté pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences
En : GENIE CIVIL

Spécialité : Hydraulique

par

MOHAMED WAHID BENLECHEHEB

Sujet

**APPROCHE GEOMATIQUE DE LA CARTOGRAPHIE
DU CHIMISME DES EAUX DE LA MITIDJA**

Soutenue publiquement, le 22/02/2018, devant le jury :

Membres de jury :

M. Lyatim MOUZAI

Mme Souaâd BOUZID-LAGHA

M. Marzouk CHERRARED

M. Tarik HARTANI

Mme. Djazia ARRAR

Professeur à l'U.S.T.H.B

Professeur à l'U.S.T.H.B

Professeur à l'U.S.T.H.B

Professeur au C.U.Tipaza

Maitre de Conférence/A

Président

Directrice de thèse

Examinateur

Examinateur

Examinateur

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces longues années d'études et qui m'ont permis d'en arriver là.

Je remercie ma Directrice de thèse Pr. Souâad BOUZID LAGHA qui a accepté de diriger ce travail. Elle a mis à ma disposition tous les moyens et ressources nécessaires, pour l'accomplissement de ce projet.

Je remercie Messieurs **Haddadi** et **Kaoua**, qui ont veillé à la facilitation des procédures pour concrétiser nos projets de recherches au sein de la faculté.

Je tiens à remercier M.M les membres du jury, pour avoir accepté d'examiner ce travail

Je remercie toutes les personnes qui m'ont apporté leurs soutiens, je citerai en particulier les responsables et ingénieurs des organismes suivants :

- Ministère des ressources en eau notamment Melle Talmat Kadi, Mme Hammouche et Monsieur Smati.
- ANRH d'Alger (MelleTienti et M.Bouchoul).
- ONEDD (MM.Mouali et Haouas)
- ABH/ AHS, ONID, ANBT.
- SEAAL (en particulier M.M Hamdane,Nabil et Achab).
- ENSH , ENP,INA (M.Hartani).

Enfin, je remercie particulièrement tous mes ami(e)s et tous ceux dont le nom ne figure pas sur cette page et qui ont apportés leurs aides, d'une manière ou d'une autre, à la réalisation de ce mémoire.

Dédi caces

Je dédie ce travail :

A mes parents : pour leur soutien moral, financier et encouragement et ce, le long de mes études.

A mes frères.

A ma belle sœur.

A la mémoire de mes grands parents surtout yayem.

A ma future femme.

A toute ma famille.

A tous mes ami(e) s.

A mes collègues de promotions de l'ENSH et de l'USTHB.

A tous ceux que j'ai oubliés involontairement.

Sommaire

Introduction générale	1
Synthèse bibliographique.....	3

Partie (I) : Présentation de la Mitidja cadre hydroclimatique et hydrogéologique

Chapitre (01) : Géomorphologie

I.1 – Introduction	7
I.2–Unité géographiques	7
I.3–Couvert végétal	9
I.4 Paramètres morphologiques	9
I.4.1) Paramètres géométriques.....	9
I.4.2) Paramètres de forme.....	10
I.4.3) Paramètres de relief.....	11
I.4.4) Paramètres hydrographiques	14
I.5–conclusion.....	17

Chapitre (02) : Hydroclimatologie

II.1–Introduction.....	19
II.2–Précipitations	19
II.2.1) Equipements de la zone d'étude	21
II.2.2) Précipitations moyenne mensuelles.....	22
II.2.3) Précipitations moyennes interannuelles.....	23
II.2.4) Précipitations moyennes saisonnières.....	24
II.2.5) Estimation de la lame d'eau précipitée.....	25
a) Méthode Arithmétique.....	25
b) Méthode de Thiessen	25
c) Méthode des isohyètes.....	28
II.3–Température de l'air.....	30
II.4–Humidité.....	31
II.5–Vent.....	32
II.6–Evapotranspiration.....	32
II.6.1) Evapotranspiration potentielle (ETP)	32
II.6.2) Evapotranspiration réelle (ETR)	34
II.7–Etude hydrologique.....	37
II.7.1) stations hydrométriques.....	37
II.7.2) Apports liquides.....	37
II.7.3) apports solides.....	37
II.7.4) bilan hydrologique.....	38
II.8–Conclusion.....	40

Chapitre (03) : Géologie

III.1–Introduction.....	41
III.2–Contexte géologique régional.....	41
III.3–Contexte géologique local.....	41
III.4–Stratigraphie et lithostratigraphie.....	41
III.5–Conclusion.....	47

Chapitre (04) : Hydrogéologie

IV.1–Introduction	48
IV.2–Formations des aquifères de la Mitidja	48
IV.2.1) Alimentation des acquières de la Mitidja.....	50
IV.2.2) Exutoires des acquières de la Mitidja.....	50
IV.2.3) Relation avec les eaux de surface.....	50
IV.2.4) Caractéristiques hydrodynamiques.....	51
IV.2.4.1) Bilan du système aquifère.....	53
IV.2.5) Les ressources mobilisables.....	56
IV.3–Piézométrie	58
IV.4–Discussions et commentaire	60
Conclusion de la partie I	61

Partie (II) : Qualité et pollution des eaux de la Mitidja

Chapitre (01) : Qualité et pollution des eaux superficielles

I.1–Introduction	62
I.2–Stations de mesure	63
I.3–Altérations et paramètres	63
I.4–Qualité des eaux de barrages	65
I.4.1) Barrage de Keddara	65
I.4.1.1) Paramètres physico-chimiques.....	65
I.4.1.2) Paramètres chimiques.....	66
I.4.1.3) Paramètres de pollution.....	68
I.4.2) Barrage de Beni Amrane	73
I.4.2.1) Paramètres physico-chimiques.....	73
I.4.2.2) Paramètres chimiques.....	73
I.4.2.3) Paramètres de pollution.....	75
I.4.3) Barrage du Hamiz	79
I.4.3.1) Paramètres physico-chimiques.....	79
I.4.3.2) Paramètres chimiques.....	79
I.4.3.3) Paramètres de pollution.....	81
I.4.4) Barrage du Boukerdane	83
I.4.4.1) Paramètres physico-chimiques.....	83
I.4.4.2) Paramètres chimiques.....	84
I.4.4.3) Paramètres de pollution.....	85
I.4.5) Barrage du Bouroumi	86
I.4.5.1) Paramètres physico-chimiques.....	87
I.4.5.2) Paramètres chimiques.....	87
I.4.5.3) Paramètres de pollution.....	88
I.5–Qualité du Marais de Réghaïa	90
I.5.1) Paramètres physico-chimiques.....	90
I.5.2) Paramètres chimiques.....	91
I.5.3) Paramètres de pollution.....	92
I.6–Qualité des eaux des oueds	94
I.6.1) Paramètres physico-chimiques.....	94
I.6.2) Paramètres chimiques.....	95
I.6.3) Paramètres de pollution.....	96
I.7–Classification des eaux superficielles	97
I.7.1) Classification selon le PH.....	97

I.7.2) Classification selon la DHT.....	98
I.7.3) Classification d'après les formules caractéristiques.....	99
I.7.3.1) Classification pour l'irrigation.....	99
I.8–Métaux lourds	102
I.8.1) Taux et évolution spatio-temporelle des métaux lourds des eaux superficielles du bassin versant de l'Oued El Harrach.....	102
I.8.2) Discussions des résultats et interprétations.....	110
I.9–Conclusion	111

Chapitre (02) : Qualité et pollution des eaux souterraines

II.1–Introduction	113
II.2–paramètres physico-chimiques	113
II.3–paramètres de pollution	116
II.3.1) Nitrates.....	116
II.3.2) paramètres microbiologiques.....	117
II.4–Classification des eaux souterraines de la Mitidja	117
II.4.1) Etablissement des formules caractéristiques selon Stabler.....	117
II.4.2) Classification des eaux sur le diagramme losangique de Piper.....	118
II.4.3) Classification des eaux sur les diagrammes verticaux (Schoeller-Berkaloff)	120
II.5–Caractéristiques chimiques des eaux	124
II.5.1) Agressivité ou incrustance des eaux.....	124
II.5.2) Dureté ou Degré Hydrométrique (°d h)	124
II.5.3) Indice d'échange de base : (i e b)	126
II.5.4) Classification selon l'aptitude des eaux à l'irrigation.....	127
II.6–Evolution et répartition spatiale des faciès chimiques	128
II.7–Analyse en composantes principales (ACP)	131
II.7.1) Mise en application de l'ACP.....	131
II.8–Conclusion	134

Chapitre (03) : Sources de pollution et identification des principaux pollueurs

III.1–Introduction	135
III.2–Sources de pollution dans la Mitidja	135
III.2.1) Pollution urbaine (domestique).....	135
III.2.1.1) Situation de l'assainissement dans la zone d'étude.....	136
III.2.2) Pollution agricole.....	138
III.2.2.1) Pollution par les fertilisants	142
III.2.2.2) Pollution par les pesticides et herbicides.....	142
III.2.3) Pollution industrielle.....	144
III.2.3.1) Inventaires des unités industrielles et principaux pollueurs.....	144
III.2.4) Pollution d'origine marine.....	147
III.2.4.1) Localisation, délimitation et évolution du biseau salé.....	147
III.3–Identification des principaux pollueurs	150
III.3.1) Analyse de rejets des principaux pollueurs.....	152
III.3.2) Discussion et commentaires.....	154
Conclusion de la partie II	155

Partie (III) :Elaboration d'un SIG.Cartographies

Chapitre (01) : Elaboration d'un SIG pour la Mitidja

I.1–Introduction.....	156
I.2–les composants du SIG.....	156
I.3–Unités géographiques.....	157
I.4–Intérêt du SIG.....	159
I.5–SIG comme outil de communication.....	160
I.6–L'information géographique.....	160
I.7–Fonctionnalités d'un SIG.....	160
I.8–Modèle conceptuel des données (MCD).....	162
I.9–Modèle physique des données (MPD).....	166
I.10–Approche et architecture du SIG.....	174
I.11–Mise en place du SIG.....	175
I.12–Conclusion.....	178

Chapitre (02) : Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la Mitidja

II.1–Introduction.....	179
II.2–Définition.....	179
II.2.1) La vulnérabilité intrinsèque.....	180
II.2.2) La vulnérabilité relative.....	180
II.3–Critères d'évaluation de la vulnérabilité.....	180
II.4–Cartographie de vulnérabilité.....	180
II.5–Cartes de vulnérabilité et leurs intérêts.....	182
II.6–Différents méthodes d'estimation de la vulnérabilité.....	182
II.7–Méthodes paramétriques avec indices superposables (empiriques).....	182
II.7.1) Méthodes orientées sur un système de cotation numérique.....	182
II.7.2) Méthodes orientées sur les documents cartographiques.....	184
II.7.3) Méthodes générales ou mixtes.....	184
II.8–concept et méthodologie de la méthode DRASTIC.....	186
II.9–Elaboration de la carte de vulnérabilité.....	190
II.9.1) Acquisition des données.....	190
II.9.2) Réalisation des cartes thématiques des paramètres de la méthode DRASTIC.....	190
II.9.2.1) Carte thématique de la profondeur du niveau d'eau (D).....	190
II.9.2.2) Carte thématique de la recharge (R).....	194
II.9.2.3) Carte thématique de la nature de l'aquifère (A).....	198
II.9.2.4) Carte thématique de la nature du sol (S).....	200
II.9.2.5) Carte thématique de la topographie (T).....	204
II.9.2.6) Carte thématique d'impact de la zone non saturée (I).....	207
II.9.2.7) Carte thématique de la perméabilité (C).....	210
II.9.3) Carte de vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de la Mitidja.....	212
III.9.3.1) Description des unités hydrogéologiques.....	212
II.9.4) Elaboration de la carte de risques de pollution (d'origine industrielle).....	215
II.10–Conclusion.....	217
Conclusion de la partie III.....	218
Conclusion générale et recommandations.....	219
Références bibliographiques.....	224
Annexes.....	234

Liste des Figures

Partie (I) : Présentation de la Mitidja cadre hydroclimatique et hydrogéologique

Chapitre (01) : Géomorphologie

Fig (01) : Carte de situation géographique de la région de la Mitidja.....	7
Fig (02) : Carte de situation de la région de la Mitidja et de ces sous bassins(ANRH).....	8
Fig (03) : Courbe hypsométrique du sous bassin versant de l'Oued El Hamiz..	11
Fig (04) : Réseau hydrographique de la Mitidja.....	14

Chapitre (02) : Hydroclimatologie

Fig (05) : Carte pluviométrique de l'Algérie du nord (2007).....	20
Fig (06) : Localisation des stations pluviométriques.....	21
Fig (07) : Précipitations moyennes mensuelles des précipitations (1971-2008).....	23
Fig (08) : Variations interannuelles des précipitations (1971-2008).....	24
Fig (09) : Carte de polygone de Thiessen de la Mitidja	27
Fig (10) : Carte des isohyètes de la Mitidja	29
Fig (11) : Variation des températures mensuelles moyennes (1971-2008).....	30
Fig (12) : Détermination de l'indice d'humidité par l'abaque de De Martonne.....	31
Fig (13) : Détermination de la lame d'eau évaporée par le diagramme de Wundt.....	36

Chapitre (03) : Géologie

Fig (14) : Carte géologique de la Mitidja	42
Fig (15) : Carte géologique de la Mitidja d'après Bennie et parteners (1983).....	43
Fig (16.a) : Coupe géoelectrique du sous bassin du Mazafran d'après Bennie et parteners (1983).....	43
Fig (16.b) : Coupe géoelectrique du sous bassin d'El Harrach d'après Bennie et parteners (1983).....	44
Fig (16.c) : Coupe géoelectrique du sous bassin d'El Hamiz d'après Bennie et parteners (1983).....	44
Fig (17) : Les différents stades de l'évolution de la Mitidja pendant le plioquaternaire (L.Glangeaud et a.Aymé, 1932).....	48

Chapitre (04) : Hydrogéologie

Fig (18) : Carte hydrogéologique de la Mitidja (ANRH,1970).....	49
Fig (19) : Carte Krigée des Transmissivités de la plaine de la Mitidja (Toubal, 1998).....	52
Fig (20) : Evolution des niveaux piézométriques de 35 forages dans la plaine de la Mitidja.....	54
Fig (21) : Points de prélèvement indiquant l'emplacement des 35 forages dans la Mitidja.....	55
Fig (22) : Situation des barrages et champs de captages dans la Mitidja.....	57
Fig (23) : Carte piézométrique des aquifères de la Mitidja (ANRH :hautes eaux, 2010).....	59
Fig (24) : Carte piézométrique des aquifères de la Mitidja (ANRH : basses eaux, 2010).....	59

Partie (II) : Qualité et pollution des eaux de la Mitidja

Chapitre (01) : Qualité et pollution des eaux superficielles

Fig (25) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Keddara durant la période 1984-1993.....	70
Fig (26) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Keddara durant la période 1984-1993.....	70
Fig (27) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Keddara durant la période 1998-2007.....	71

Fig (28) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Keddara durant la période 1998-2007.....	71
Fig (29) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Beni Amrane durant la période 1984-1993.....	76
Fig (30) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Beni Amrane durant la période 1984-1993.....	76
Fig (31) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Beni Amrane durant la période 2007-2010.....	77
Fig (32) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Beni Amrane durant la période 2007- 2010.....	78
Fig (33) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage du Hamiz durant la période 1984-1993.....	82
Fig (34) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage du Hamiz durant la période 1984-1993.....	83
Fig (35) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Boukerdane durant la période 2001-2011.....	86
Fig (36) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Boukerdane durant la période 2001- 2011.....	86
Fig (37) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le barrage de Bouroumi durant la période 2002-2008.....	79
Fig (38) : Evolution temporelle des matières azotées pour le barrage de Bouroumi durant la période 2002- 2008.....	79
Fig (39) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le marais de Réghaia durant la période 2004-2009.....	93
Fig (40) : Evolution temporelle des matières azotées pour le marais de Réghaia durant la période 2004- 2009.....	94
Fig (41) : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour l'oued El Harrach durant la période 2004-2009.....	97
Fig (42) : Réseau de surveillance de la qualité à l'Oued El Harrach.....	104
Fig (43) : Evolution du cuivre dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007)....	106
Fig (44) : Evolution du cadmium dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007)	106
Fig (45) : Evolution du chrome dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007)...	106
Fig (46) : Evolution du manganèse dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007)...	106
Fig (47) : Evolution du plomb dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007)..	107
Fig (48) : Evolution du zinc dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007).....	107
Fig (49) : Evolution du mercure dans l'Oued El Harrach en basses et hautes eaux (mai 2006, jan.2007).	108
Fig (50) : Evolution du Fer dans l'Oued El Harrach en Basses et Hautes eaux (mai 2006, jan.2007).....	108
Fig (51) : Evolution des métaux lourds en basses eaux (mai 2006, jan.2007).....	109
Fig (52) : Evolution des métaux lourds en hautes eaux (mai 2006, jan.2007).....	109

Chapitre (02) : Qualité et pollution des eaux souterraines

Fig (53) : Situation des points de prélèvements des forages (ANRH,SEAAL).....	114
Fig (54) : Diagramme de piper pour les eaux de la nappe de la Mitidja (campagne 2011).....	154
Fig (55) : Faciès carbonaté calcique selon le diagramme de SchoellerBerkaloff	121
Fig (56) : Faciès chloruré calcique selon le diagramme de SchoellerBerkaloff	122
Fig (57) : Faciès Sulfaté calcique selon le diagramme de SchoellerBerkaloff.....	123
Fig (58) : Carte de classes de Dureté (°F) des eaux souterraines (compagne 2011).....	125
Fig (59) : Diagramme de Wilcox (classification des eaux pour l'irrigation).....	128
Fig (60) : Répartition des faciès chimiques dans la Mitidja.....	130
Fig (61) : Graphique des variables.....	132
Fig (62) : Graphique des individus.....	133

Chapitre (03) : Sources de pollution et identification des principaux pollueurs

Fig (63) : Schéma de fonctionnement du réseau du périmètre d'El Hamiz.....	138
Fig (64) : Réseau de surveillance de l'intrusion marine.....	148
Fig (65) : Evolution du biseau salé dans la Mitidja entre 1991-2010 (ANRH).....	149
Fig (66) : Concentrations des paramètres de pollutions dans les rejets industriels (2010).....	153
Fig (67) : Concentrations des métaux lourds dans les rejets industriels (2010).....	153

Partie (III) :Elaboration d'un SIG. Cartographies

Chapitre (01) : Elaboration d'un SIG pour la Mitidja

Fig (68) : Exemple de données vectorielles.....	158
Fig (69) : Modèle conceptuel de données pour le SIGMITIDJA.....	165
Fig (70) : Architecture du SIG de la Mitidja.....	175
Fig (71) : Architecture du SIG de la Mitidja (affichage 1).....	176
Fig (72) : Architecture du SIG de la Mitidja (affichage 2).....	177

Chapitre (02) : Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la Mitidja

Fig (73) : Elaboration de la carte de vulnérabilité à partir de la superposition des différentes cartes thématiques (Aller et al, 1987).....	188
Fig (74) : Classes de vulnérabilité selon la méthode DRASTIC.....	188
Fig (75) : Carte piézométrique de la Mitidja (Campagne 2008).....	191
Fig (76) : Carte thématique du critère de vulnérabilité « Profondeur de la nappe ».....	193
Fig (77) : Carte pluviométrique de la Mitidja (année 2008).....	194
Fig (78) : Carte des précipitations efficaces (2008).....	176
Fig (79) : Carte relative au critère de vulnérabilité « Recharge ».....	179
Fig (80) : Carte géologique de la plaine de la Mitidja.....	198
Fig (81) : Carte relative au critère de vulnérabilité «nature de l'aquifère».....	199
Fig (82) : Carte pédologique de la plaine de la Mitidja au 1/50 000 (ANRH,1973).....	201
Fig (83) : Carte du critère de vulnérabilité « Nature du sol».....	203
Fig (84) : Carte de Topographie de la Mitidja.....	205
Fig (85) : Carte relative au critère de vulnérabilité « Pente du terrain naturel».....	206
Fig (86) : Carte de localisation des forages correspondant à la zone non-saturée.....	208
Fig (87) : Carte relative au critère de vulnérabilité «Caractéristiques de la zone non saturée».....	209
Fig (88) : Perméabilités de la nappe des alluvions de la Mitidja (ANRH,2009).....	210
Fig (89) : Carte relative au critère de vulnérabilité «perméabilité».....	211
Fig (90) : Carte de vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de la Mitidja.....	214
Fig (91) : Carte de vulnérabilité de la nappe alluviale de la Mitidja à la pollution (d'origine industrielle).....	216

Liste des tableaux

Partie (I) : Présentation de la Mitidja cadre hydroclimatique et hydrogéologique

Chapitre (01) : Géomorphologie

Tableau (01) : Paramètre géométriques des cinq sous bassins versants.....	9
Tableau (02) : Coefficient de compacité de Gravelius	10
Tableau (03) : Paramètres du rectangle équivalent des sous bassins versants	11
Tableau (04) : Répartition altimétrique par tranche d'altitudes du bassin versant de l'oued El Harrach	11
Tableau (05) : Paramètres altimétriques des sous-bassins versants.....	12
Tableau (06) : Indice de pente globale des sous bassins versants.....	13
Tableau (07) : Récapitulatif des valeurs physiographiques.....	13
Tableau (08) : Densité de drainage des sous bassins versants.....	15
Tableau (09) : Coefficient de torrencialité des sous bassins versants	16
Tableau (10) : Temps de concentration des sous bassins versants	16
Tableau (11) : Vitesses de ruissèlement des eaux dans les sous bassins versants	17
Tableau (12) : Récapitulatif des valeurs physiographiques et hydrographiques.....	18

Chapitre (02) : Hydroclimatologie

Tableau (13) : Caractéristiques des stations pluviométriques.....	21
Tableau (14) : Précipitations moyennes mensuelles (1971-2008).....	22
Tableau (15) : Précipitations saisonnières (1971-2008).....	25
Tableau (16) : Lamme d'eau précipitée calculée par la méthode de Thiessen.....	26
Tableau (17) : Lamme d'eau précipitée calculée par la méthode des Isohyètes.....	28
Tableau (18) : Estimation de la lamme précipitée obtenue par les 3 méthodes.....	30
Tableau (19) : Températures mensuelles minimales, moyennes et maximales (1971-2008).....	30
Tableau (20) : Valeur de l'indice d'humidité dans la Mitidja (1971-2008).....	31
Tableau (21) : Vitesse moyenne du vent dans la station de Dar El Beida (1971-2008).....	32
Tableau (22) : Valeurs de l'ETP calculées par la méthode de Thronwaite (1971-2008).....	33
Tableau (23) : Valeurs de l'ETR calculée par la formule de Turc (1971-2008).....	34
Tableau (24) : Valeurs de l'ETR calculée par la formule de Coutagne (1971-2008).....	34
Tableau (25) : Récapitulatif des résultats de l'ETP et ETR (1971-2008).....	35
Tableau (26) : Cordonnées des stations hydrométriques	37
Tableau (27) : Apports liquides mensuels des 2 stations (hm3).....	37
Tableau (28) : Apports solides des 2 stations (g/l).....	38
Tableau (29) : Valeurs de la lamme d'eau ruisselée (1971-2008).....	38
Tableau (30) : Valeurs de (R) selon la formule méditerranéenne.....	39
Tableau (31) : Différentes composantes du bilan hydrologique dans la Mitidja (1971-2008)	39

Chapitre (03) : Géologie

Tableau (32) : Lithostratigraphie synthétique de la Mitidja	46
--	----

Chapitre (04) : Hydrogéologie

Tableau (33) : Transmissivité et coefficient d'emmagasinement dans la Mitidja.....	51
Tableau (34) : Bilan des eaux souterraines de la Mitidja (2009).....	53
Tableau (35) : Prélèvements pour l'irrigation par système aquifère	56
Tableau (36) : Prélèvements pour l'AEPI par système aquifère	56

Partie (II) : Qualité et pollution des eaux de la Mitidja

Chapitre (01) : Qualité et pollution des eaux superficielles

Tableau (37) : Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles.....	63
Tableau (38) : Paramètres retenus pour chaque altération	63
Tableau (39) : Grille de qualité des eaux superficielles utilisée par l'ANRH	64
Tableau (40) : Paramètres physico-chimiques dans le barrage de Keddara	66
Tableau (41) : Concentrations mini. et maxi. des macro-éléments dans le barrage de Keddara.....	67
Tableau (42) : Paramètres de pollution dans le barrage de Keddara	69
Tableau (43) : Paramètres physico-chimiques dans le barrage de Beni Amrane.....	73
Tableau (44) : Concentrations mini. et maxi. des minéraux dans le barrage de Beni Amrane.....	74
Tableau (45) : Paramètres de pollutions dans le barrage de Beni Amrane.....	75
Tableau (46) : Paramètres physico-chimiques dans le barrage du Hamiz	79
Tableau (47) : Concentrations mini. et maxi. des macro-éléments dans le barrage du Hamiz.....	79
Tableau (48) : Paramètres de pollution dans le barrage du Hamiz	81
Tableau (49) : Paramètres physico-chimiques dans le barrage du Boukerdane.....	83
Tableau (50) : Concentrations mini. et maxi. des macro-éléments dans le barrage du Boukerdane.....	85
Tableau (51) : Paramètres de pollution dans le barrage du Boukerdane.....	85
Tableau (52) : Paramètres physico-chimiques dans le barrage du Bouroumi.....	87
Tableau (53) : Concentrations mini. et maxi. des macro-éléments dans le barrage du Bouroumi.....	87
Tableau (54) : Paramètres de pollution dans le barrage du Bouroumi	88
Tableau (55) : Paramètres physico-chimiques du Marais	91
Tableau (56) : Concentrations minimales et maximales des macroéléments pour le Marais.....	91
Tableau (57) : Paramètres de pollutions du Marais (2004-2009).....	93
Tableau (58) : Paramètres physico-chimiques de l'Oued El Harrach.....	95
Tableau (59) : Concentrations minimales et maximales de l'Oued el Harrach.....	95
Tableau (60) : Paramètres de pollution de l'Oued El Harrach	96
Tableau (61) : Classification de l'eau en fonction du Titre hydrométrique	98
Tableau (62) : Valeurs du Titre hydrométrique (°f).....	98
Tableau (63) : Classification des eaux superficielles pour l'irrigation.....	100
Tableau (64) : Limites maximales des métaux lourds dans les rejets.....	102
Tableau (65) : Concentrations des métaux lourds dans le bassin de l'Oued El Harrach (basses eaux, mai 2006).....	105
Tableau (66) : Concentrations des métaux lourds dans le bassin de l'Oued El Harrach (hautes eaux, janvier 2007).....	105

Chapitre (02) : Qualité et pollution des eaux souterraines

Tableau (67) : Paramètres physico-chimiques des eaux souterraines.....	113
Tableau (68) : Paramètres chimiques des eaux souterraines (1999-2011).....	115
Tableau (69) : Formules caractéristiques selon Stabler (campagne 2011).....	118
Tableau (70) : Dureté des eaux en pourcentage	124
Tableau (71) : Valeurs de l'i.e.b et le SAR (campagne 2011)	126
Tableau (72) : Matrice de corrélation de Pearson	131

Chapitre (03) : Sources de pollution et identification des principaux pollueurs

Tableau (73) : Stations d'épurations dans la wilaya d'Alger.....	136
Tableau (74) : Stations d'épurations dans la wilaya de Blida.....	137
Tableau (75) : Stations d'épurations dans la wilaya de Tipaza.....	137
Tableau (76) : Classes et familles de pesticides.....	142
Tableau (77) : Valeurs d'utilisation des pesticides en Algérie.....	143

Tableau (78) : Caractéristiques des unités industrielles les plus polluantes.....	150
Tableau (79) : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels	152
Tableau (80) : Résultats d'analyses des unités industriels les plus polluantes (campagne 2010).....	152

Partie (III) : Elaboration d'un SIG. Cartographies

Chapitre (01) : Elaboration d'un SIG pour la Mitidja

Tableau (81) : récapitulatif de différentes tables utilisées dans le SIGMITIDJA	172
--	-----

Chapitre (02) : Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la Mitidja

Tableau (82) : Attributs de la vulnérabilité de l'eau souterraine et paramètres associés.....	181
Tableau (83) : Avantages, inconvénients et type d'utilisateurs-cible pour les trois types principaux de méthodes d'estimation de la vulnérabilité.....	186
Tableau (84) : Poids attribués aux paramètres DRASTIC (Aller et al, 1987).....	187
Tableau (85) : Classes et notes attribuées pour le critère de la profondeur de la nappe.....	192
Tableau (86) : localisation des stations pluviométriques et pluies moyennes interannuelles	194
Tableau (87) : Classes et notes attribuées pour le critère de recharge.....	195
Tableau (88) : Classes et notes attribuées pour le critère de la nature de l'aquifère.....	198
Tableau (89) : Classes et notes attribuées pour le critère nature du sol.....	202
Tableau (90) : Exemple de calcul de note de vulnérabilité par profil pédologique.....	202
Tableau (91) : Classes et notes attribuées pour le critère topographie.....	204
Tableau (92) : Classes et notes attribuées pour le critère impact de la zone non saturée.....	207
Tableau (93) : Classes et notes attribuées pour le critère perméabilité.....	211

«Adj Acent e à cett e vil l e (d j ezA ĩr Benou MezghAnA-Al ger), il y A une grande et vaste nommée mitidja qui est d'une grande fertilité et qui remplit de bourgades et de tribus importantes »

Anonyme, Ist lçbAr , Xlle siècle.

«Les pLaines qui environnent La cité d'aLger sont fort beLles, qu'on appelle Met tidja produisant un grain en t out e per fect ion »

Léon d'Af r ique, XVle siècle

Introduction générale :

En Algérie, comme dans la plupart des pays, la qualité des eaux naturelles est d'abord le reflet de la nature des sols et du climat, auxquels il faut ajouter l'effet des activités humaines.

Les précipitations sont violentes mais rares, les sols sont meubles le plus souvent, et la conjonction de ces deux facteurs se traduit par des augmentations sporadiques du taux de matières en suspension dans les cours d'eau, avec deux conséquences : d'une part la pollution des eaux naturelles, visible sous forme de turbidité, et d'autre part l'envasement des barrages.

Par ailleurs les sols présentent souvent une salinité notable, qui se retrouve en solution dans les eaux des oueds et dans les barrages et de là, dans l'eau des nappes.

D'autres pollutions sont anthropiques, avec trois aspects principaux :

- La pollution domestique liée aux rejets d'eaux usées urbaines non traitées ou encore insuffisamment traitées.
- La pollution industrielle, qui prend de plus en plus de l'ampleur en Algérie.
- La pollution agricole, liée à l'utilisation des fertilisants, ainsi que les pesticides, qui sont des micropolluants sapides et cancérigènes.

Dans la gestion de la qualité et pollution des ressources en eau, superficielles et souterraines, les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) se présentent comme des technologies efficaces. Ayant un large domaine d'application, ils ont montré une grande efficacité grâce à leur performance dans le géo-référencement. Ils offrent des outils appropriés pour la combinaison de données spatiales ainsi que des modèles sur un même support graphique. Ceci permettra une communication des informations entre les intervenants afin d'assurer une bonne coordination des activités, enfin l'utilisation des SIG permet d'augmenter la rapidité et la précision de la cartographie.

A son tour, la cartographie de la vulnérabilité à pollution des ces ressources, est un outil qui permet d'évaluer et de prévenir les risques de contamination, et ce à travers la connaissance et délimitation des zones vulnérables. Pour atteindre ce but, différentes méthodologies sont appliquées entre autres la méthode DRASTIC qui permet d'évaluer la vulnérabilité des aquifères à l'aide de sept paramètres reportés sur sept cartographies dont la superposition aboutit à la carte de vulnérabilité.

Dans le présent travail, portant sur une approche géomatique de la cartographie du chimisme des eaux de la Mitidja, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

- La constitution d'une base de données de la qualité des eaux de surfaces et souterraines de la zone d'étude en l'occurrence la plaine de la Mitidja ainsi que les sources et types de pollution suivie d'un état des lieux généralisé ;
- L'élaboration d'un Système d'Information Géographique (SIG), qui constituera la première étape permettant de rassembler toutes les données (géologiques, hydrogéologiques, hydrologiques, chimiques, ...), de les mettre en forme par des outils appropriés et de dégager une vue d'ensemble du fonctionnement du système. Cet outil considéré comme un moyen d'aide à la décision permet, en outre, de superposer les différentes cartes thématiques ce qui, d'une part, facilite le relèvement d'éventuelles incohérences, et d'autre part, aide à calculer des cartes de qualité, de pollution, hydrochimiques..etc.

- La cartographie de la vulnérabilité aux risques de pollution des eaux de la nappe alluviale de la Mitidja en utilisant la méthode DRASTIC afin de délimiter les périmètres de protection des captages, les zones favorables aux rejets ainsi que la réalisation de suivis spatiotemporels et réguliers de la qualité de ces eaux.

Ce travail se compose de trois parties principales :

La première partie correspondant à la présentation du cadre naturel de la Mitidja comprend quatre (4) chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la géomorphologie, qui permet la localisation de la zone d'étude, la définition des unités géographiques et géomorphologiques et la caractérisation des cours d'eau à travers le réseau hydrographique.
- Le second s'intéresse à l'étude hydroclimatologique, le suivi des différents paramètres par la réalisation d'un bilan, ce qui permet de quantifier les apports quelles que soient leur origine et leur nature. Nous avons, également, procédé à la détermination des volumes ruisselés permettant de connaître par différence le déficit d'écoulement.
- Le troisième chapitre porte sur la stratigraphie et la lithostratigraphie, préalablement nécessaires pour définir le milieu récepteur mais aussi pour préciser l'existence et la situation des éléments susceptibles d'intervenir dans le chimisme des eaux souterraines et de surface.
- Le quatrième chapitre est consacré à l'hydrogéologie de la Mitidja qui définit les principaux réservoirs, leur alimentation et piézométrie. Ceci a permis de dresser un bilan du système aquifère.

La deuxième partie est consacrée à l'étude quantitative et qualitative des eaux de la Mitidja ainsi que les sources de pollution, leurs types et les principaux pollueurs de la zone, cette partie est subdivisée en (04) chapitres :

- Le premier chapitre est dédié à l'étude quantitative et qualitative des eaux superficielles de la Mitidja.
- Le second chapitre s'intéresse à l'étude quantitative et qualitative des eaux souterraines de la Mitidja.
- Le troisième chapitre est destiné à connaître les facteurs causant la pollution et ses origines
- Quant au quatrième chapitre, il fait ressortir les principaux pollueurs de la Mitidja.

Quant à la troisième elle est consacrée à l'élaboration d'un SIG de la Mitidja et l'établissement de cartographies thématiques et de vulnérabilité aux risques de pollution des eaux. Elle est scindée en deux chapitres :

- Le premier est consacré à la conception et réalisation d'un système d'information géographique (SIG) de la zone d'étude. Cet outil permet en outre de superposer les différentes cartes thématiques ce qui, d'une part facilite la détection d'éventuelles incohérences, et d'autre part constitue un outil d'aide à la décision.
- Le second s'intéresse à la définition de la vulnérabilité, les différentes méthodes d'estimation de la vulnérabilité et enfin la confection de la carte de vulnérabilité des eaux à la pollution en utilisant la méthode DRASTIC.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale et des recommandations.

Partie (I) :

Présentation de la Mitidja

cadre hydroclimatique et hydrogéologique

Synthèse bibliographique

1. Introduction

Ces dernières décennies l'eau est au centre de toutes les préoccupations humaines, l'homme s'est rendu compte que la ressource en eau est limitée et en plus elle s'amenuise avec le temps mais surtout vulnérable, face à cette situation l'activité anthropique ne cesse d'augmenter entraînant la dégradation de la qualité des ressources en eau.

Les rejets industriels, urbains et agricoles non traités contribuent certainement à la dégradation des eaux de surfaces qui souffre de contamination tel que : la pollution phosphoré, azoté et métaux lourds.

Les eaux souterraines, quant à elles, sont généralement mieux protégées que les eaux superficielles grâce au sol. En effet, on pensait que les sols joueraient le rôle de filtres naturels, empêchant les substances nocives déposées à la surface de migrer vers le bas et atteindre les eaux souterraines. Aujourd'hui on sait que les sols et les autres couches intermédiaires ont une capacité limitée de filtrer et de retarder, et ainsi de protéger l'eau souterraine.

Face à cette situation alarmante, la protection et la préservation de ces ressources sont une nécessité de premier ordre notamment dans nos zones semi arides. Ainsi l'application des nouveaux concepts de l'approche géomatique requiert une importance capitale, grâce à laquelle, est survenue une cartographie moderne et automatisée avec l'intégration d'une base de données complète.

La géomatique regroupe l'ensemble des disciplines et moyens informatiques permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des données géographiques. La géomatique consiste donc en au moins trois activités distinctes : collecte, traitement et diffusion des données [59], elle est étroitement liée à l'information géographique et comprend entre autres les systèmes d'informations géographiques (SIG).

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) comptent parmi les nouvelles techniques destinées au domaine de prévision et d'intervention puisqu'ils répondent à une problématique de gestion, de planification et d'aménagement. Le SIG offre les possibilités de croisement au sein d'une base de données spatialement référencée de façon à extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Il tient compte de la dimension des variables, ainsi nous pouvons faire l'évolution spatio-temporelle, donnant ainsi une meilleure approche de l'information numérique et ce, grâce à un traitement de données géo-référencées. Il permet de gérer des données alphanumériques spatialement localisées, ainsi que les données graphiques permettant d'afficher ou d'imprimer plans et cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique.

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) tels que : des points, des polygones, des polygones ou des maillages

(raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle [59].

Le SIG permet donc de gérer une multitude d'informations de tous types (images satellitaires, photos aériennes, cartes, données chiffrées, bases de données...), de les mettre à jour très rapidement, de faire des requêtes (classiques et spatiales), d'appliquer des règles de topologie et de générer de nouvelles couches d'informations par le biais de ces croisements.

La conception du SIG pour ce présent travail permettra d'avoir une base de données complète qui regroupera toutes les informations globales et géo référencés liées aux ressources en eau de la zone d'étude, aussi ce SIG peut être utilisé comme un outil d'aide de décision pour les gestionnaires de l'eau.

Par ailleurs et compte tenu de l'importance stratégique des ressources souterraines pour nos besoins, il est opportun de leur donner une importance particulière. L'étude des nappes fait obligatoirement ressortir la notion de vulnérabilité à la pollution, son estimation repose sur des concepts subjectifs non standardisés. Deux grandes catégories de vulnérabilité émergent parmi toutes les définitions : la vulnérabilité intrinsèque définie uniquement à partir des caractéristiques physiques intrinsèques du milieu (nature géologique du sous-sol, profondeur de la surface libre et drainage de surface) et la vulnérabilité spécifique à un contaminant définie à la fois à partir des propriétés du milieu et de celles du contaminant.

2. Historique du concept SIG et définitions

La première application SIG, souvent citée en épidémiologie, est l'étude menée avec succès par le docteur John Snow. Il s'agit de l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il parvint à déterminer que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

L'année 1960 a vu l'émergence du premier véritable SIG opérationnel dans le monde à Ottawa, au Canada. Ce SIG a été réalisé par le Ministère des Forêts et du Développement rural. Développé par le Dr Roger Tomlinson, il a été appelé le Système d'Information Géographique du Canada (SIGC) et a permis de stocker, analyser et manipuler les données recueillies pour l'inventaire des terres du Canada afin d'obtenir des informations sur les sols, l'agriculture, la faune, la flore, et la sylviculture. Un facteur de classification a été également ajouté à ce premier SIG pour permettre une analyse plus approfondie.

Il était une avancée réelle par rapport à la simple cartographie par ordinateur proposée auparavant. Il apportait des améliorations en termes de moyens fournis comme la superposition, ou les mesures numériques. Ce qui a permis de lancer un réel système de coordonnées géographiques national avec un système de topographie intégré, un stockage de l'information de localisation dans des fichiers séparés. À la suite de cela, Roger Tomlinson est devenu le véritable « père du SIG »,

en particulier pour son utilisation dans la promotion de l'analyse spatiale et des données croisées géographiques [97].

Ce SIG a été une avancée fondamentale jusque dans les années 1990, et a été à l'origine de la réalisation d'une très large base de données géographique du Canada. Il a été développé comme un système accessible à toutes les entités administratives du pays. Son grand atout a été l'analyse de données géographiques et topologiques complexes, typique du relief canadien, cependant il n'a pas été disponible pour le grand public.

En 1964, Howard T. Fisher, formé au LCGSA (Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis – Harvard – USA) a théorisé un grand nombre de concepts sur la manipulation de données géolocalisées, concepts ensuite appliqués dans les années 1970. Ses travaux ont permis de faire émerger les systèmes tels que SYMAP, GRID, et ODYSSEY, qui ont été utilisés par la suite dans le développement commercial des universités, des centres de recherche et des entreprises à travers le monde [98].

Au début des années 1980, émergent des boîtes comme :ERDAS (Earth Resource Data Analysis System), Environmental Systems Research Institute (ESRI), M&S Computing avec Bentley Systems Incorporated pour la plateforme CAD, CARIS (Computer Aided Resource Information System) et MapInfo Corporation, deviennent des logiciels commerciaux, intégrant un nombre important de fonctionnalités, combinant la première approche de la « séparation spatiale », avec la deuxième approche consistant à l'organisation d'attribut dans les structures de base de données. En parallèle, on observe le développement de deux systèmes publics (MOSS et GRASS GIS) entre la fin des années 1970 et le début des années 1980 [99].

En 1986, le système MIDAS (Mapping Display and Analysis System), est le premier logiciel S.I.G pour particulier, il a été développé sous DOS. MIDAS a été renommé MapInfo au début des années 1990 lors de son insertion sous WINDOWS. Ainsi le S.I.G passe au grand public.

À la fin du XXe siècle, la croissance exponentielle des différents systèmes d'information a permis au S.I.G de se démocratiser et de devenir accessible à tous les utilisateurs disposant d'un ordinateur et d'un accès à Internet. Plus récemment, l'avènement de solutions Open Source fonctionnant sous différents systèmes d'exploitation a permis de voir émerger un nombre croissant de solutions. De plus en plus de données localisées et d'applications cartographiques sont désormais disponibles sur le web. Les logiciels gratuits et de qualité se multiplient. L'un des derniers nés est ABcMap [47]

3. Historique du concept de vulnérabilité et définitions

La définition de vulnérabilité diffère d'un auteur à un autre, une des premières définitions retrouvées dans la littérature est celle d'**Albinet et Margat** (1970) qui définissent que "la vulnérabilité d'un aquifère est la possibilité de percolation et de diffusion de polluants depuis la surface du sol jusqu'à la nappe, dans des conditions naturelles".

D'autres définitions ont vu le jour comme celles de : **Villumsen et al.** (1983), **Foster** (1987) et **Petty john et al.**(1991)..etc.

Pour ce présent travail nous avons utilisé la méthode DRASTIC développé par [8] qui fait partie du groupe des méthodes orientées sur un système de cotation numérique. Elle est la plus utilisée dans le monde en raison de sa simplicité, et fiabilité contrairement à d'autres méthodes retrouvées dans la littérature. Ces différents approches seront traités en détail dans la partie 3, chapitre 2.

chapitre 01

Géomorphologie

I.1 Introduction

La zone de notre étude est la Mitidja qui s'étend sur une superficie de 1300 km² et s'étire sur un axe orienté ENE-WSW.

Elle s'étend depuis l'oued Boudouaou à l'Est jusqu'au bassin de Menacer à l'Ouest, sur une longueur d'environ 100 km avec une largeur qui varie de 5 à 18 km. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par les piémonts de l'Atlas Blidéen.

Elle est située entre les longitudes 2°58'00 à 3°19'00 et les latitudes 36°30'17 à 36°47'40, cette zone est incluse dans 4 wilayates : Alger, Tipaza, Blida et Boumerdes (fig.n°1).

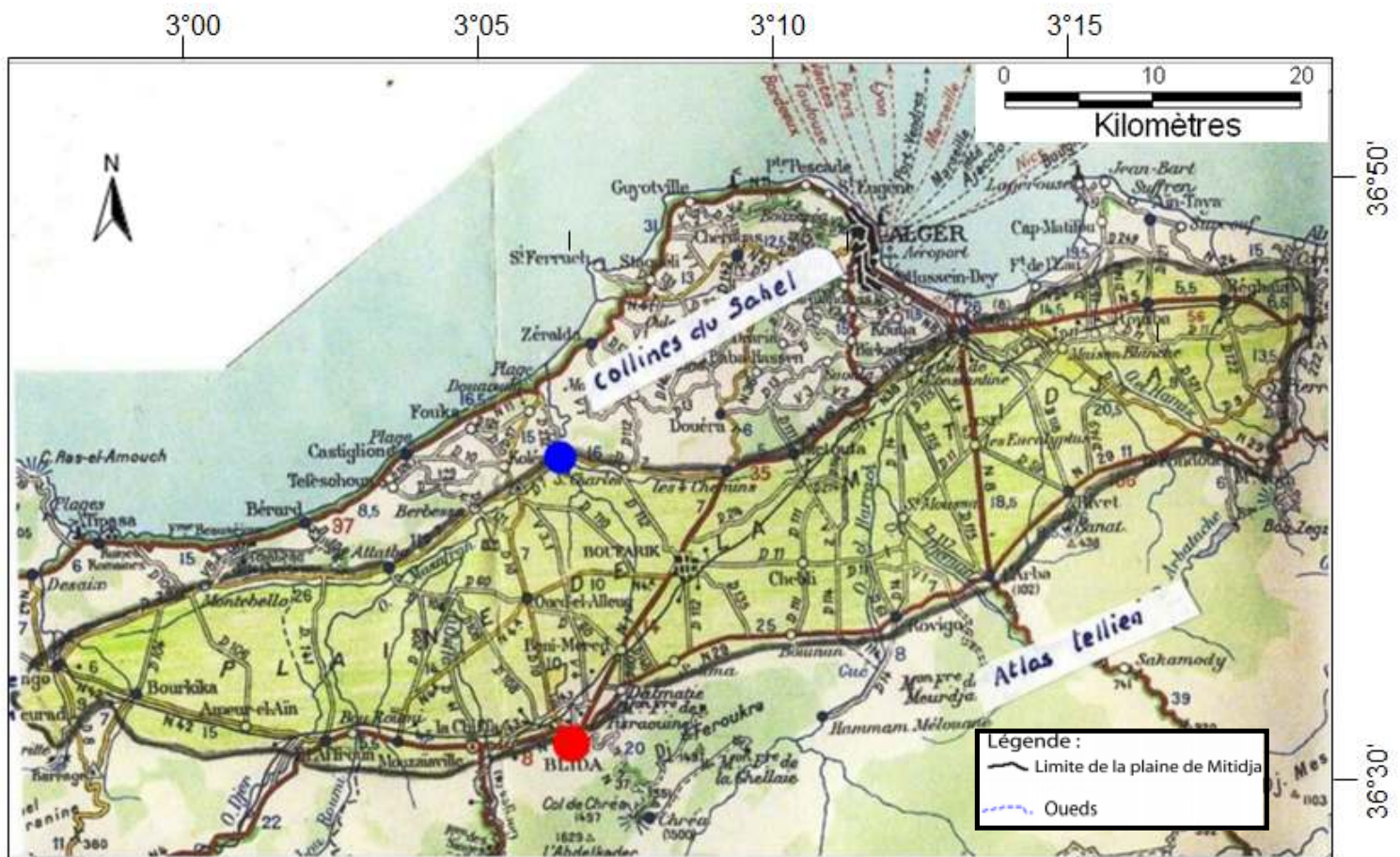


Figure n°1 : Carte de situation géographique de la région de la Mitidja

I.2 Unité géographiques

La région de la Mitidja est caractérisée par trois espaces géographiques du nord au sud : le sahel, la plaine et l'atlas blidéen.

La Plaine

C'est une zone subsidente à remplissage Mio-plio-quadernaire bordée par deux régions surélevées [49]. Elle a une altitude moyenne de 100 m.

Elle est façonnée de la juxtaposition des sous bassins versants (Fig.n°2).

Ces derniers se regroupent en cinq ensembles, drainés du Sud au Nord par un réseau hydrographique assez dense. Les principaux bassins sont :

- Bassin occidental (Oued El Nador).
- Bassin du Mazafran.
- Bassin d'El Harrach.
- Bassin d'El Hamiz
- Bassin de Réghaia.

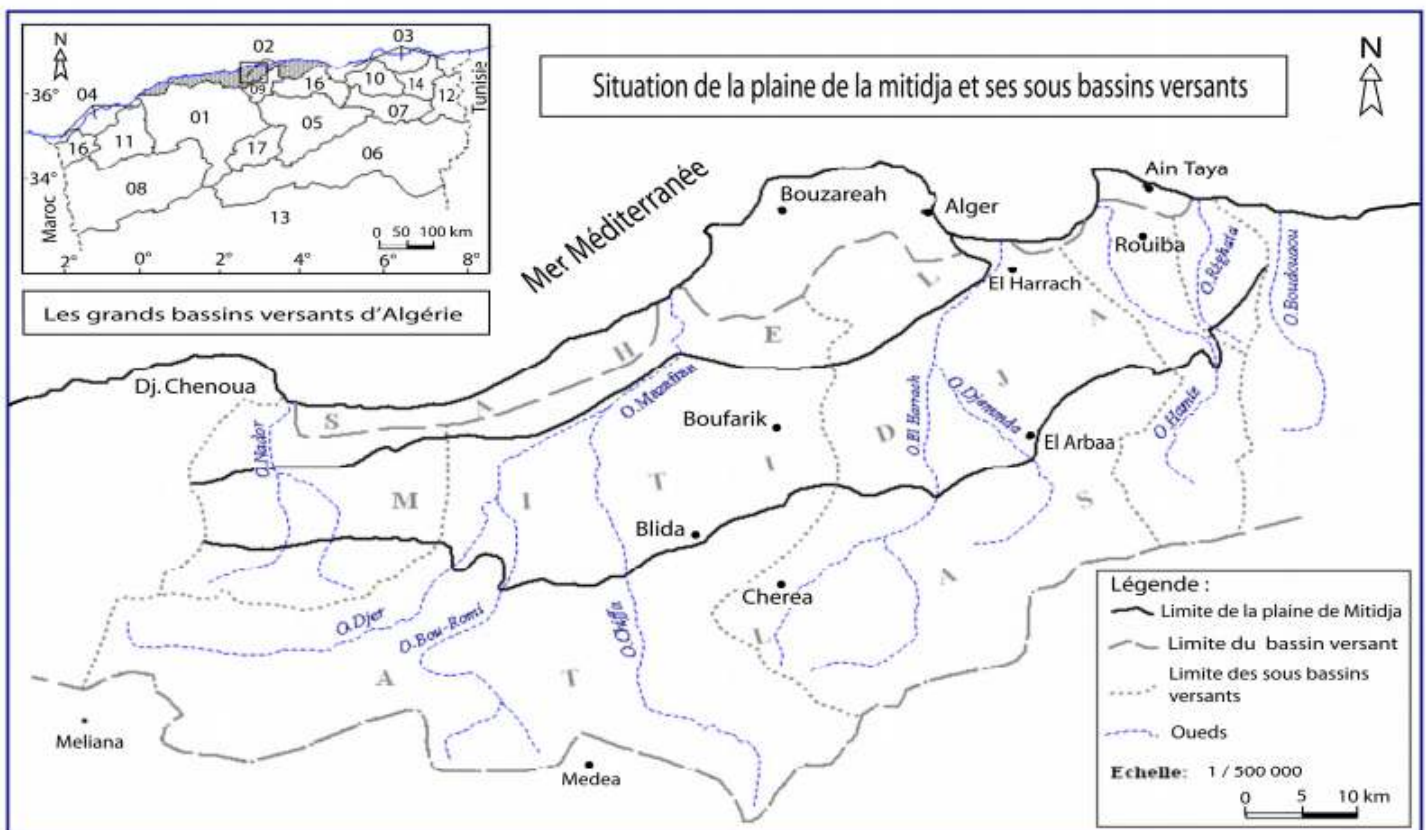


Fig.n°2 : Carte de situation de la région de la Mitidja et de ces sous bassins (ANRH)

Le Sahel

Région littorale qui borde la plaine de la Mitidja au Nord, d'altitude variant de 200 à 250 m, qui constitue une limite continue depuis El Harrach jusqu'à l'oued Nador, sous forme d'un bombement anticlinale hormis la cluse située au niveau de l'oued Mazafran.

L'Atlas Blidéen

Il correspond à la limite sud de notre zone d'étude, présentant un relief qui se développe à partir de la bordure de la plaine, et atteint une altitude moyenne qui varie entre 1200 et 1600 m. Les sommets accusent une direction NE-SO.

Ce massif montagneux est une succession de crêtes caractérisé par une érosion intense.

I.3 Couvert végétal

La couverture végétale d'un bassin versant joue un rôle primordial dans le déroulement du cycle de l'eau, souvent complexe et contradictoire. Elle influence singulièrement l'écoulement en surface.

En effet, l'activité végétale et la nature géologique des terrains conditionnent le ruissellement superficiel, l'infiltration, l'évapotranspiration et la capacité de rétention du bassin.

Le couvert végétal retient selon sa nature, sa densité et l'importance de la précipitation une proportion variable de l'eau pluviale.

La Mitidja est depuis toujours connue pour ses terres fertiles, on y trouve différentes cultures dont l'arboriculture, maraîchage, légumes ...et cet même l'élevage.

I.4 Paramètres morphologiques

I.4.1 Paramètres géométriques

Ces paramètres sont obtenus à partir de la carte topographique. On recense cinq sous bassins versants. Ils sont caractérisés par les surfaces et périmètres suivants (Tableau n°1) :

Tableau n°1 : paramètres géométriques des sous bassins versants

Sous bassins versants	Surface (Km ²)	Périmètres (Km)
Oued Nador	230	89
Oued Mazafran	1900	186
Oued Réghaia	88	41.20
Oued El Hamiz	283,21	102,11
Oued El Harrach	1236,28	188,17

I.4.2 Paramètres de forme

➤ Coefficient de compacité : K_c

Le contour d'un bassin versant enferme une superficie «A» de forme quelconque, la quelle influera sur l'écoulement global. Un bassin de forme ramassé ne répondra pas de la même manière qu'un bassin de forme allongée, l'indice de compacité caractérisant ce phénomène est donné par la formule de Gravelius :

$$K_c = \frac{0,28.P}{\sqrt{A}}$$

Où :

P : Périmètre du bassin versant (**Km**)

A : surface du bassin versant (**Km²**)

K_c : coefficient de compacité de Gravelius.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la forme des 5 sous bassins est allongée (tableau n°2).

Tableau n°2 : coefficient de compacité de Gravelius

Sous bassins versants	P(Km)	A (Km ²)	K _c
Oued Nador	89	230	1,6
Oued Mazafran	186	1900	1,2
Oued El Harrach	188,17	1236,28	1,5
Oued El Hamiz	102,11	283,21	1,7
Oued Réghaia	41.20	88	1,2

➤ Rectangle équivalent

Ce paramètre facilite la comparaison entre les sous bassins du point de vue de leur influence sur l'écoulement, en fait c'est le changement du bassin en une forme géométrique qui est le rectangle de longueur L_r et de largeur l_r , exprimées en Km donné par les expressions suivantes :

$$L_r = \frac{K_c}{1,12} \sqrt{A} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l_r = \frac{K_c}{1,12} \sqrt{A} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Où :

A : Surface du sous bassin versants en km²

K_c : coefficient de compacité de Gravelius.

Le tableau suivant représente les valeurs calculées de ces paramètres

Tableau n°3 : paramètres du rectangle équivalent des sous bassins versants

Sous bassins versants	L _r (Km)	I _r (Km)	$\frac{L_r}{I_r}$
Oued Nador	37,13	6,19	6
Oued Mazafran	63,47	29,93	2
Oued El Harrach	78,41	15,76	5
Oued El Hamiz	44,76	6,33	7
Oued Réghaia	13,65	6,44	2

Le rapport ($\frac{L_r}{I_r}$) > 3 pour les sous bassins d'El Hamiz, El Harrach et Nador ce qui donne une bonne confirmation de leurs allongement.

I.4.3 Paramètres de relief

➤ Courbe hypsométrique

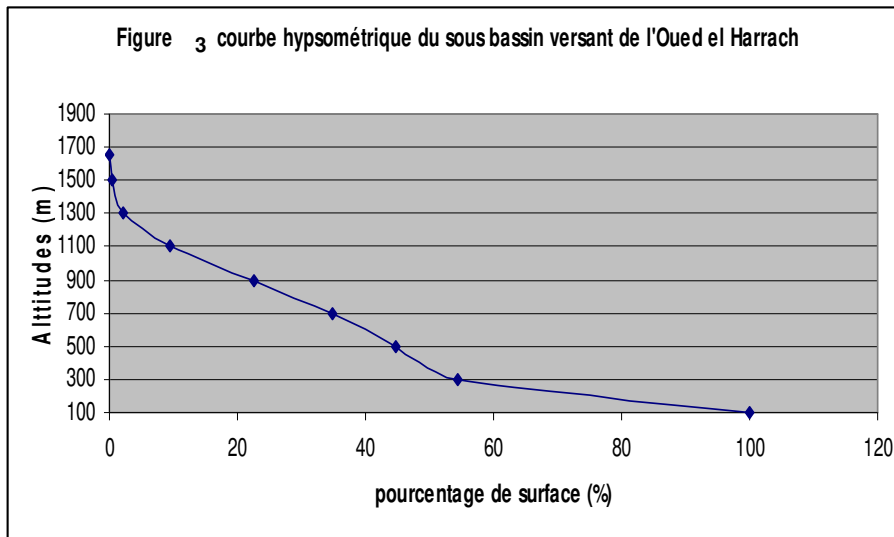
Elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude, les tableaux suivants donne la répartition altimétrique par tranche de 200 m pour le sous bassin d'El Harrach : (**Fig.3 et Tableaux n° 4,5**).

Remarque : dans ce qui suit nous prendrons comme exemple de calcul le bassin d'El Harrach, néanmoins le calcul s'est fait aussi pour les autres bassins, illustré dans le tableau n°7, ci-après.

Tableau n°4 : répartition altimétrique par tranche d'altitudes du basin versant de l'Oued El Harrach

Altitude (m)	Surfaces (Km ²)	Surfaces cumulées (Km ²)	Surface en %	Cumul en %
0-200	564,24	564,24	45,64	100
200-400	19,30	683,54	9,65	54,36
400-600	120,93	804,47	9,78	44,71
600-800	153,16	957,63	12,39	34,93
800-1000	162,50	1120,12	13,14	22,54
1000-1200	89,97	1210,09	7,28	9,40
1200-1400	20,24	1230,34	1,64	2,12
1400 -1600	5,92	1236,26	1,48	0,48
1600-1700	0,02	1236,28	0,02	0,00

On remarque que le relief du bassin versant d'El Harrach contient <25% des surfaces qui dépassent les 800m.



➤ Les Altitudes caractéristiques

- **Altitudes maximales et minimales**

Elles sont obtenues sur la carte topographique, l'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin et l'altitude minimale le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

- **Altitudes moyenne et médiane**

Elles sont évaluées sur la courbe hypsométrique. L'altitude médiane est lue au point d'abscisse 50% de la surface et l'altitude moyenne se définit comme suit :

$$H_{moy} = \frac{\sum A_i H_i}{A}$$

Avec :

A_i : surface comprise entre 2 courbes de niveau.

H : surface totale, sommes des A_i , en Km^2 .

H_i : altitudes moyennes entre 2 courbes de niveau, en m.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant : (tableau n°7)

Tableau n°5 : Paramètres altimétriques du sous-bassin versant d'el Harrach

Sous bassins versants	Paramètres altimétriques			
	Altitude moyenne (m)	Altitude médiane (m)	Altitude maximale (m)	Altitude minimale (m)
Oued El Harrach	430	350	1200	25

➤ Indice de pente global

Cet indice est obtenu à partir du rectangle équivalent et de la courbe hypsométrique défini par la formule suivante :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_r}$$

Où :

- I_g : Indice de pente global exprimé en %.
- L_r : Longueur du rectangle équivalent en (km).
- $H_{5\%}$: Altitude en m, lue à 5% sur la courbe hypsométrique.
- $H_{95\%}$: Altitude en m, lue à 95% sur la courbe hypsométrique.

Les valeurs de cet indice sont représentées dans le tableau, ci-dessous :

Tableau n°6 : indice de pente globale du sous bassin versant d'El Harrach

Sous bassins versants	$H_{5\%}$ (m)	$H_{95\%}$ (m)	L_r (m)	I_g (%)
Oued El Harrach	1200	25	78410	1,49

De la même manière nous avons procédé pour les 4 sous bassins restants, les données physiographiques de ces derniers sont illustrées dans le tableau n°7.

Tableau 7 : tableau récapitulatif des paramètres physiographiques des cinq sous bassins versants de la Mitidja

Paramètres	Paramètres géomorphologiques		Paramètres de forme			Paramètres de relief	
	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)	Indice de compacité Gravelius kc	Longueur en (km) du rectangle équivalent (Km)	Largeur du rectangle équivalent (km)	Altitude moyenne (m)	Indice de pente globale (I _g) m/km
O. Nador	230	89	1.6	38.12	5.94	305	21.5
O. Mazafran	1900	186	1.2	60.46	31.82	365	17.1
O. El. Harrach	1236.3	188.2	1.5	77.10	15.48	423	13.4
O. Hamiz	283.2	102	1.7	38.27	7.63	324.7	19.2
O. Réghaia	88	41.20	1.2	16.35	5.14	55	8.31

D'après ce tableau, l'indice de compacité (Kc) de Gravelius varie entre 1,2 à 1,7, indiquant une forme allongée des sous bassins.

Les valeurs de pentes globales permettent d'estimer un temps de ruissellement long, ce qui indique une bonne possibilité d'infiltration des eaux superficielles.

I.4.4 Paramètres hydrographiques

➤ Réseau hydrographique

Il définit l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires participant à l'écoulement dans le bassin versant. Nombreux auteurs ont proposés des classifications des réseaux hydrographiques.

Dans un bassin versant, un chenal peut être défini comme l'inscription permanente dans l'espace d'un écoulement concentré plus au moins permanent. A l'amont de tout chenal, les processus hydrologiques sont aléatoires, spatiaux, c'est-à-dire qu'ils intéressent une surface et non une ligne, dans le chenal ils deviennent linéaires.

La zone d'étude est traversée par : l'Oued Nador, l'Oued Mazafran, l'Oued El Harrach, l'Oued el Hamiz, et l'Oued Réghaïa (fig. n°4).

L'ensemble des affluents de ces oueds prend naissance de l'Atlas avec un sens général d'écoulement (Sud -Nord).

Les débits les plus élevés sont enregistrés sur le Mazafran, ce dernier étant le plus important avec une longueur de 64 km, la surface de son bassin versant avoisinant les 1900 km².

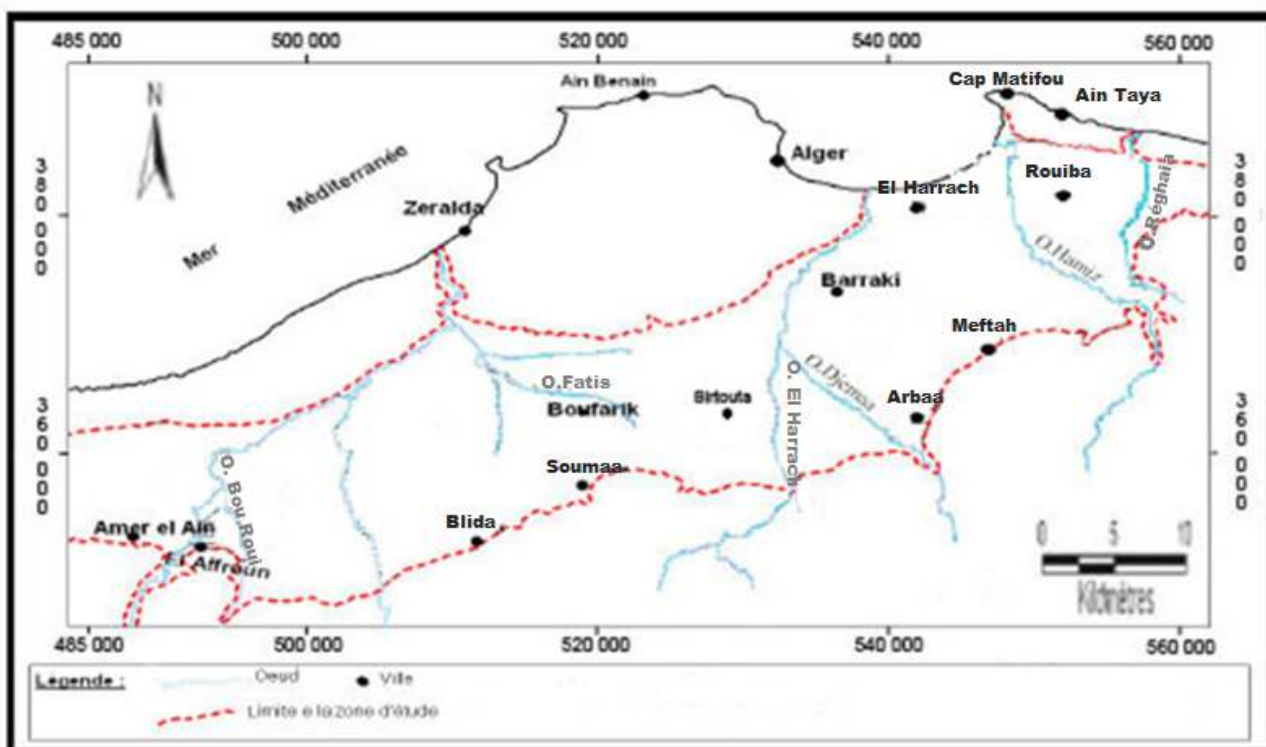


Figure n°4 : Réseau hydrographique de la Mitidja

➤ Facteurs physiographiques des sous bassins versants

• Densité de drainage

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la surface du bassin versant, Elle dépend de la géologie et des caractéristiques du bassin versant.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

- D_d : Densité de drainage en (km/km²).
 L_i : Longueur du talweg d'ordre i en km.
 $\sum L_i$: Longueur totale de tous les talwegs.

L'analyse du tableau ci-dessous, indique que les régions à faible densité de drainage présentent en général une roche mère perméable, un couvert végétal important et un relief peu accentué.

Tableau n°8 : Densité de drainage des sous bassins versants

Sous bassins versants	L_i (km)	A(km ²)	D_d (km/km ²)
Oued Nador	70	230	0,3
Oued Mazafran	579	1900	0,3
Oued El Harrach	630	1236,28	0,509
Oued El Hamiz	144	283,21	0,508
Oued Reghaia	42	88	0,477

• Coefficient de torrentialité

C'est le produit de la densité des talwegs élémentaires par le coefficient de drainage.

$$C_t = F_1 * D_d$$

Où :

- F_1 : Fréquence des talwegs élémentaires d'ordre 1, avec $F_1 = N_1/A$ en (km⁻¹).
 N_1 : nombre de talwegs d'ordre 1.
 A : Surface du bassin versant en (km²).
 D_d : Densité de drainage.

Le coefficient de torrentialité est étroitement lié à la densité de drainage. Il donne une idée sur le comportement du réseau de drainage c'est-à-dire comment l'eau provenant des cours d'eau d'ordre inférieur arrive à la rivière principale, les différents valeurs du coefficient de torrentialité sont transcrites dans le tableau ci-dessous :

Ce coefficient varie de 0,013 à 0,047 ce qui veut dire qu'entre 1 à 5% des sous bassins versants sont constituées de cours d'eau de premier ordre.

Tableau n°9 : Coefficient de torrentialité des sous bassins versants

Sous bassins versants	L (km)	A (km ²)	H _{moy} (m)	H _{min} (m)	T _c (heures)
Oued Nador	22	230	305	32	4,91
Oued Mazafran	160	1900	365	43	12,9
Oued El Harrach	67	1236,28	350	25	10,1
Oued El Hamiz	34	283,21	300	30	5,7
Oued Reghaia	20	88	55	4	7,61

- **Temps de concentration des eaux**

C'est le temps que met une goutte d'eau tombée, la plus éloignée, pour arriver à l'exutoire. La formule la plus utilisée en Algérie est celle de GIANDOTTI (1970) [90] :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A + 1.5L}}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

- T_c : temps de concentration en heures;
- A : Surface;
- L : longueur du talweg principal (km);
- H_{min} : Altitude correspondante à H_{95%}, en m;
- H_{moy} : Altitude moyenne en m.

Les différentes valeurs trouvées de T_c sont transcrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°10 : Temps de concentration des sous bassins versants (km²)

Sous bassins versants	D _d (km/km ²)	N ₁	F ₁ (km ⁻¹)	C _t
Oued Nador	0,3	11	0,048	0,014
Oued Mazafran	0,3	83	0,044	0,013
Oued El Harrach	0,51	115	0,093	0,047
Oued El Hamiz	0,51	15	0,053	0,027
Oued Reghaia	0,48	6	0,068	0,032

- **Vitesse de ruissellement : V_r**

Elle est définie par le rapport suivant :

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

Avec :

T_c : Temps de concentration en h;

L : Longueur des talwegs en km.

Tableau n°11: vitesses de ruissèlement des eaux dans les sous bassins versants

Sous bassins versants	L (km)	T_c (h)	V_r (m/s)
Oued Nador	22	4,91	1,24
Oued Mazafran	160	12,9	3,44
Oued El Harrach	67	10,1	1,84
Oued El Hamiz	34	5,7	1,66
Oued Reghaia	20	7,61	0,73

1.5 Conclusion

La topographie de la zone d'étude est variée, on observe les zones basses et plates de la plaine et les reliefs escarpés de l'Atlas, avec une pente douce modelée par des écoulements à lits encaissés.

La zone d'étude est à vocation agricole avec une diversité bien distinguée, on y trouve des vignes, des agrumes, les cultures annuelles et saisonnières.

Morphologiquement, la plaine de la Mitidja est comprise dans un encadrement de montagnes, constituant une carène dissymétrique à fond plat et incliné. Le plan incliné est particulièrement net dans la partie centrale : sur la lisière méridionale, les altitudes dépassent 160 m, parfois plus de 260 m à Blida, pour s'abaisser à une vingtaine de mètres vers le Nord. Par contre aux extrémités, les altitudes se relèvent, de 60 à 70 m pour l'extrémité occidentale, et de 90 à 100 m à l'Est.

Les oueds Nador, Mazafran, Harrach, Reghaia et Hamiz prennent leurs sources dans l'Atlas, avec un sens général d'écoulement (Sud-Nord) et traversent perpendiculairement la plaine avant de se rejoindre vers l'aval.

Les caractéristiques physiographiques et hydrographiques générales sont exprimées par les valeurs représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°12 : récapitulatif des valeurs physiographiques et hydrographiques

Sous bassins versants	L_i (km)	A(km ²)	D_d (km/km ²)	T _c (heures)	V _r (m/s)
Oued Nador	70	230	0,3	4,91	1,24
Oued Mazafran	579	1900	0,3	12,9	3,44
Oued El Harrach	630	1236,28	0,51	10,1	1,84
Oued El Hamiz	144	283,21	0,51	5,7	1,66
Oued Reghaia	42	88	0,48	7,61	0,73

La détermination des paramètres physiographiques et hydrographiques jouent un rôle très important pour comprendre la forme des différents sous-bassins constituant notre zone d'étude, en effet la physiographie du bassin (morphologie, couvert végétal, géologie) à une influence marquée sur les écoulements, ces dernières sont en étroite liaison avec les eaux souterraines, ainsi ces paramètres nous aiderons certainement à mieux comprendre ces eaux notamment leurs vulnérabilité objet de la troisième partie.

chapitre 02

Hydroclimatologie

II.1 Introduction

La Mitidja bien que relativement bien arrosée connaît des problèmes cruciaux d'approvisionnement en eau, en raison d'une part d'un climat capricieux, où de longues périodes de sécheresse alternent avec des périodes plus ou moins humides et d'autre part en raison d'un développement démographique et urbain sans précédent.

Le but de l'étude hydroclimatologique est d'arriver à l'établissement d'un bilan d'eau sur l'ensemble du bassin versant. L'écoulement des eaux, le ruissellement, l'infiltration et l'évaporation sont autant de composants du bilan d'eau, étroitement liées aux facteurs qui régissent le climat de notre région d'étude.

II.2 précipitations

La carte pluviométrique de l'Algérie du Nord qui comprend, entre autres, la zone d'étude élaborée par l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH) en 2007 (fig. n°5), montre la répartition des valeurs des précipitations qui caractérisent le climat méditerranéen.

Cette répartition obéit aux trois constats suivants :

- a) La hauteur des pluies augmente avec l'altitude et l'exposition des versants aux vents humides.
- b) Les précipitations augmentent d'Ouest à l'Est.
- c) Les précipitations diminuent à mesure que l'on s'éloigne du littoral, du Nord au sud

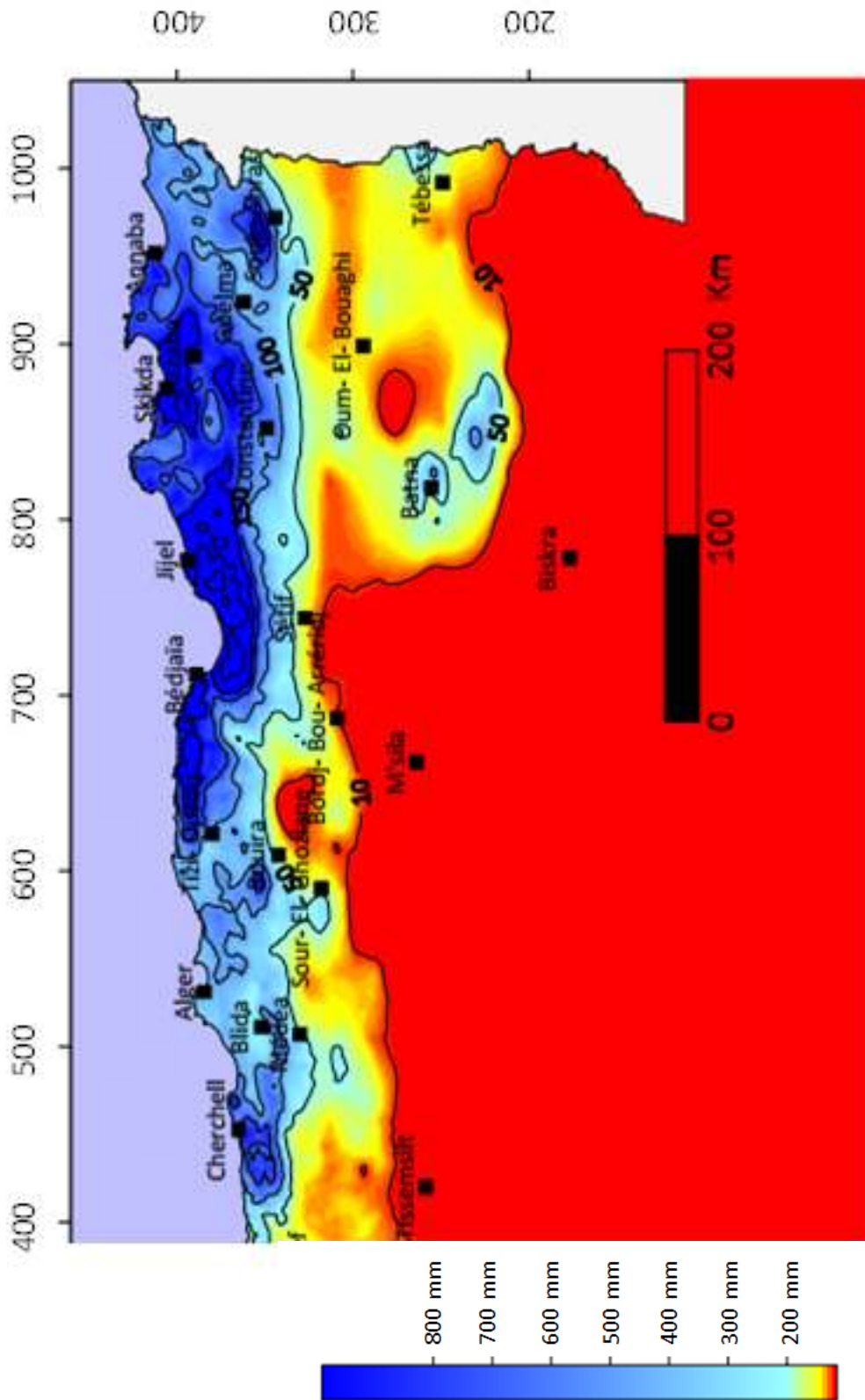


Fig.n°5 : carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, 2007 (ANRH)

II.2.1 équipements de la zone d'étude :

Nous recensons à l'intérieur de la zone d'étude 12 stations pluviométriques réparties à des altitudes de 20 m jusqu'à 210 m (Figure n°6), qui présentent des séries complètes comblées par les régressions linéaires allant de 1971 à 2008, et dont les coordonnées sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°13 : caractéristiques des stations pluviométriques de la Mitidja (ANRH)

station	Code ANRH	Coordonnées (m)		
		X	Y	Z
Hamiz Barrage	020602	558.600	367.400	130
Blida	021116	509.800	352.600	210
D E Baida	020611	547.400	379.600	24
Boufarik	021209	518.600	363.400	60
Amer El Ain	021020	488.100	352.800	110
B Mourad Rais	020509	531.100	382.800	150
Attatba cave	021022	495.400	363.200	60
Hadjout	020325	475.800	358.800	80
Foka marine	020405	504.450	374.400	25
Berrare mairie	020403	492.050	366.850	23
L'Arbaa	021403	541.950	362.950	100
Réghaia	020632	557.800	382.200	20

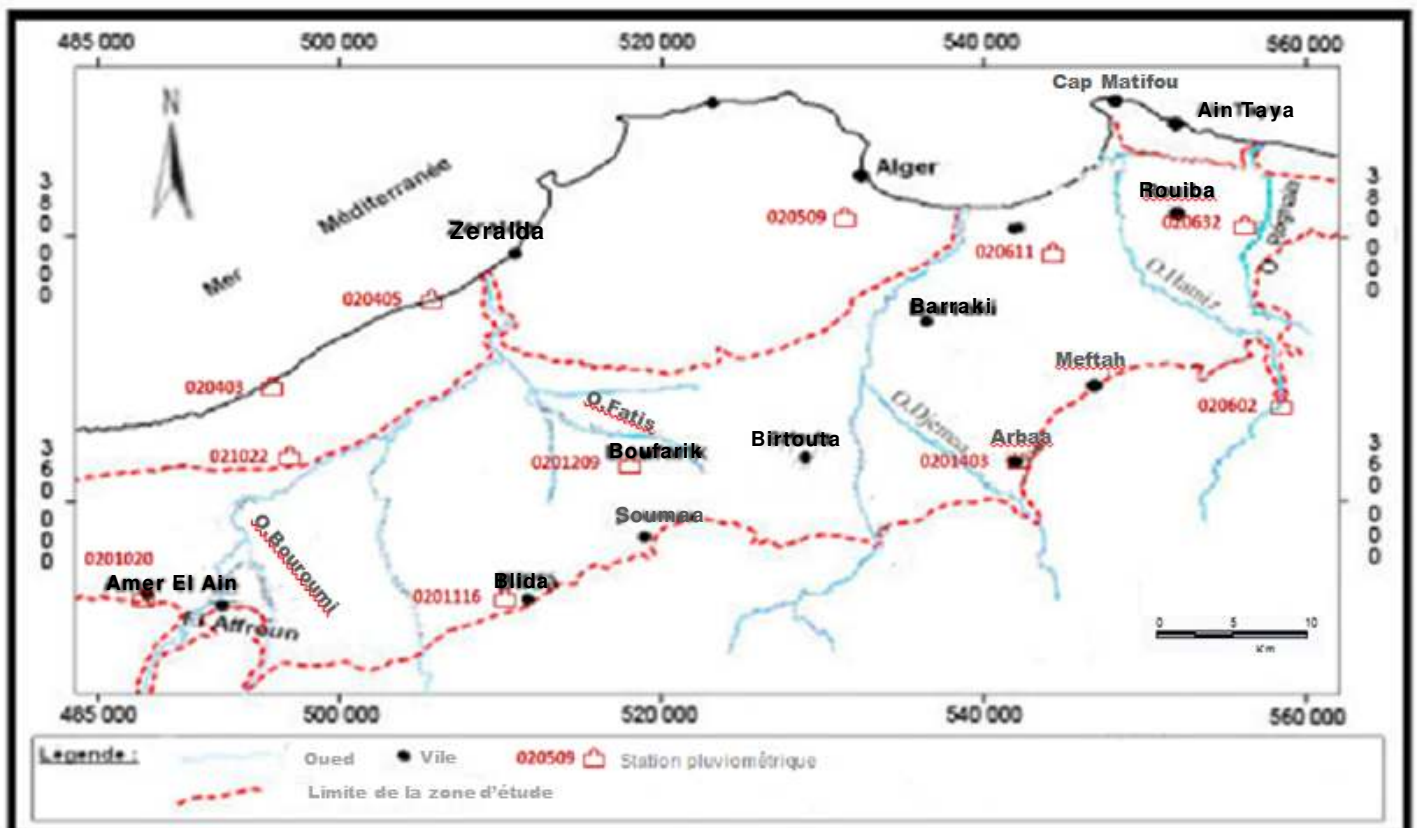


Fig.n°6 : Localisation des stations pluviométriques de la Mitidja

II.2.2 Précipitations moyenne mensuelles

En examinant le tableau n°14 et la figure n°7, nous remarquons que généralement les premières pluies interviennent le mois de septembre (début de l'année hydrologique), avec un accroissement de novembre à mars, au niveau de toutes les stations, puis une diminution progressive jusqu'au mois de Juillet et Août qui présentent des pluies insignifiantes à nulles.

Le mois le plus arrosé diffère d'une station à une autre et d'une période à une autre, en effet si on prend comme exemple la station du Hamiz : le mois le plus arrosé est le mois de décembre avec 113 mm, ensuite viens un pic secondaire de 99 mm pour le mois de février et enfin un minimum de 3 mm en Aout.

Nous remarquons aussi une modulation mensuelle irrégulière, caractérisée par un grand écart entre le maximum et le minimum.

Tableau n°14 : précipitations moyennes mensuelles en mm (1971-2008, ANRH)

stations	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Annuel
HamizBge	37,7	56,2	87,1	112,9	96,2	99,3	67,7	66,2	51,3	12,9	3,2	6,3	697
Réghaia	40	66,3	92,2	92	77,4	81,5	58,1	56,5	39,8	13,4	3,4	1,5	622
D. E. Beida	33,1	63,2	91,2	97,2	76,8	83,6	70,7	59,6	40,4	11,9	4,5	11,4	644
B M. Rais	35,7	80,7	102,4	101,5	94,8	91,2	80,1	61,8	38,8	11,3	4,7	9,3	712
L'Arbaa	33,7	63,4	83,1	94,9	89	80,6	69,8	64,6	47	11,4	1,9	45	684
Boufarik	30,3	63,3	85,2	86,9	88	71,8	69,3	66,3	43,2	9,7	2,7	5,8	623
Blida	30,7	57,9	86,2	86,6	83,5	72,8	79,8	61,4	49,6	10,2	3	3,7	625
Hamer El Ain	26,4	46	79,5	95,4	90,3	65,9	76,5	57,7	41,1	8,5	2,2	2,1	592
Hadjout	19	58,3	66,7	69,9	64,6	67	59,4	52,9	30,1	5,1	2	7,5	503
Hattatba	28,7	57,6	81,3	91,6	81,8	74,8	62,1	53,3	38,8	7,8	2,8	5,3	586
Foka marine	31,53	61,29	85,49	92,89	84,24	78,85	69,35	60,03	42,01	10,22	3,04	9,79	629
Berrare.marine	32,45	63,47	86,2	93,3	86,3	79,32	70,39	62,82	40,32	10,84	5,83	11,35	643
Moyenne													630

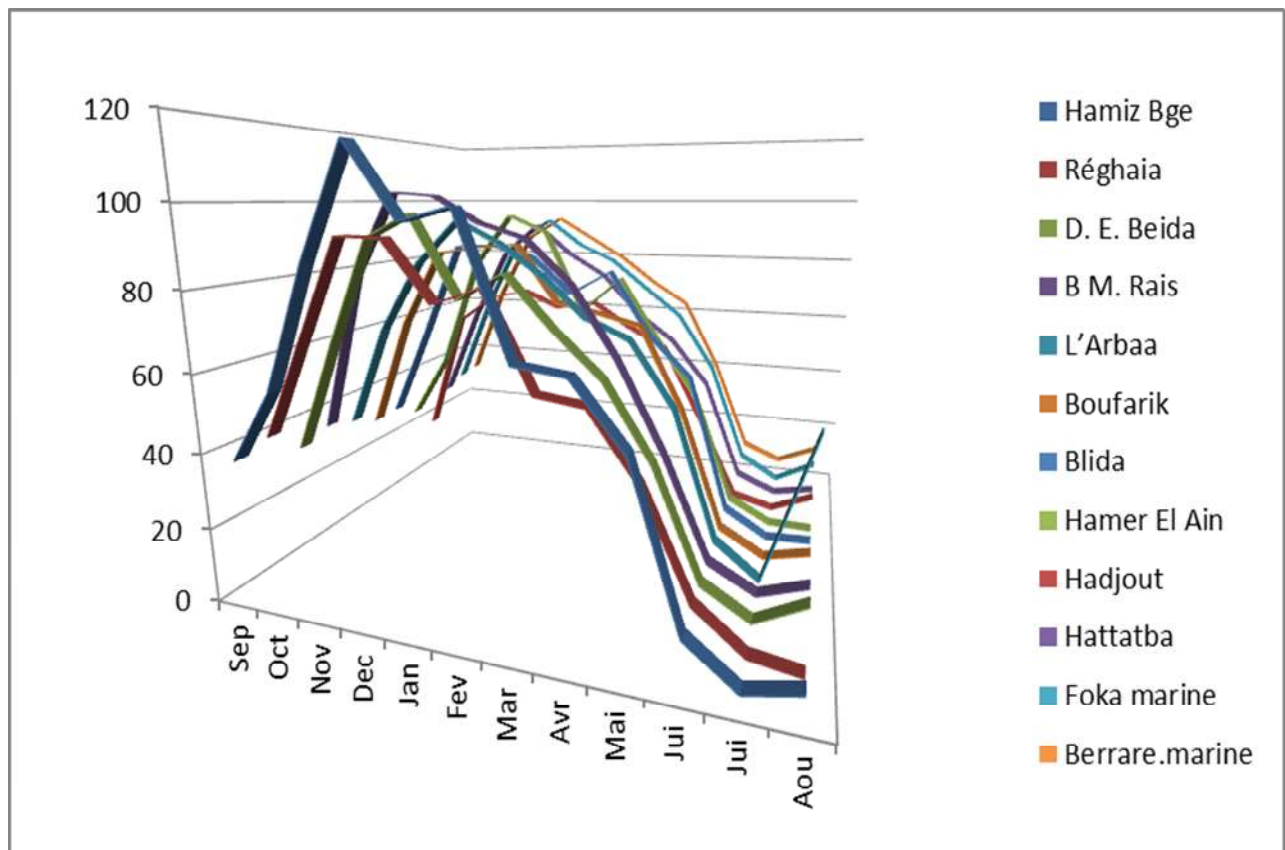


Fig.n°07 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en mm (1971-2008)

II.2.3 Précipitations moyennes interannuelles

Les valeurs des précipitations annuelles dépendent des valeurs mensuelles qui se compensent.

D'après le graphe ci-dessous (Fig.8) on relève que :

- les valeurs annuelles des précipitations sont plus grandes dans les stations situées sur les versants Nord-Ouest que dans les stations postées sur les versants Sud-Est avec une décroissance du Nord au Sud.

En effet, on enregistre sur les mêmes stations une grande irrégularité des moyennes annuelles sur la période d'étude (1971-2008), on observe :

- Une pluviométrie importante durant les années 1971-1973 avec des pics de : 1246 mm, 1100mm respectivement dans les stations de Hamiz barrage et Blida;
- Une diminution des pluviométries à partir de l'année 1980, cette tendance continue à la baisse jusqu'à l'année 2004 où on enregistre des augmentations significatives des pluviométries, par exemple on enregistre un pic de 970 mm pour la station de Hamiz barrage;

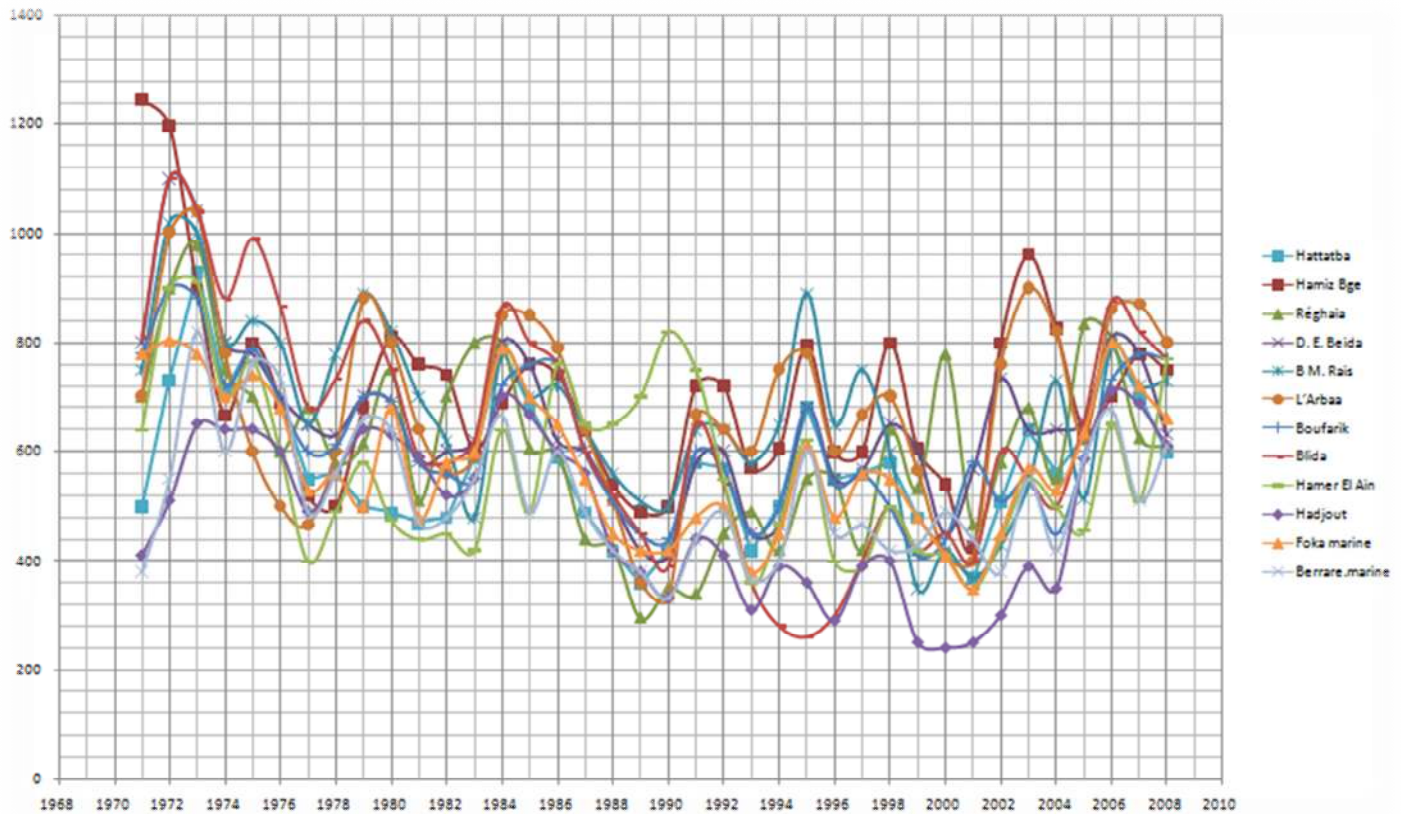


Fig. n°8 : variations interannuelles des précipitations en mm (1978-2008)

II.2.4 Précipitations moyennes saisonnières

Le régime saisonnier est déduit de la sommation des moyennes pour chaque saison, ensuite leur classement par ordre décroissant.

Le type saisonnier qui se distingue le plus sur les 12 stations est à 75% le H.A.P.E (Hiver, Automne, Printemps, Eté) et à 25% le H.P.A.E (Hiver, Printemps, Automne, Eté).

Il est à noter que l'intensité des pluies est la plus forte en hiver, tandis qu'en été c'est la plus faible. (Tab. n°15).

Tableau n°15 : précipitations saisonnières en mm (1971-2008)

stations	Automne(A)	Hiver(H)	Printemps(P)	Eté(E)	Indice saisonnier
HamizBge	182	309,4	183,2	22,4	H.P.A.E
L'Arbaa	180,2	264,5	181,4	58,3	H.P.A.E
Blida	174,8	242,9	190,8	16,9	H.P.A.E
Réghaia	198,4	251,1	154,1	18,3	H.A.P.E
D. E. Beida	187,5	257,6	172,7	25,8	H.A.P.E
Boufarik	180,8	247,7	175,8	18,2	H.A.P.E
Amer El Ain	151,9	249,6	177,3	12,8	H.P.A.E
B M.Rais	218,8	289,5	178,7	25,3	H.A.P.E
Attatba cave	167,6	248,2	154,2	15,9	H.A.P.E
Hadjout	146	201,4	142,5	12,6	H.A.P.E
Foka marine	178,31	256	171,4	23,05	H.A.P.E
Berrare mairie	182,12	259	173,5	28,02	H.A.P.E

II.2.5 Estimation de la lame d'eau précipitée

Il s'agit de calculer pour l'ensemble du secteur d'étude la lame d'eau précipitée en millimètre, pour cela, nous avons utilisé les méthodes suivantes :

a) Méthode Arithmétique :

Elle consiste à calculer la moyenne arithmétique des précipitations moyennes annuelles au niveau de chaque station; les précipitations moyennes annuelles sont calculées sur une série de 37 ans, générant ainsi une lame de **630mm**.

b) Méthode de Thiessen :

Elle est basée sur le découpage géométrique du bassin Versant en polygones. Elle est fondée sur l'hypothèse que chaque pluviomètre représente une zone d'influence, délimitée par le tracé des médiatrices entre deux stations consécutives (fig. n°9).

Les précipitations moyennes annuelles sur le bassin versant sont égales aux précipitations enregistrées par les pluviomètres pondérés par les surfaces d'influences respectives (tableau n°16).

$$L_p = \frac{\sum P_i S_i}{S_t} = \frac{V_t}{S_t}$$

Avec :

L_p: lame moyenne précipitée (mm) ;

P_i : Précipitation moyenne annuelle en mm de la station i ;

S_i : Surfaces des polygones considérés en km² ;

V_t : Volume total tombé sur le bassin versant

S_t : Surfaces totale du bassin versant en km².

Tableau n°16 : Lamé d'eau précipitée calculée par la méthode de Thiessen

Stations	P_i (mm)	S_i (Km²)	P_i*S_i (Hm³)
HamizBge	697	136,51	95145,66
Réghaia	622	192,19	119541,20
D. E. Beida	644	235,59	151719,00
B M. Rais	712	474,01	337495,88
L'Arbaa	684	140,43	96050,76
Boufarik	623	251,01	156378,70
Blida	625	155,46	97160,46
Hamer El Ain	592	73,69	43621,91
Hadjout	503	460,12	231439,66
Attatba	586	282,99	165831,91
Foka marine	629	588,07	369894,93
Berrare.marine	643	241,26	155128,01
Total	-	3231,31	2019408,08

La carte (Fig. n°9) et les résultats reportés dans le tableau n°16, nous donnent une lame moyenne précipitée de 625mm.

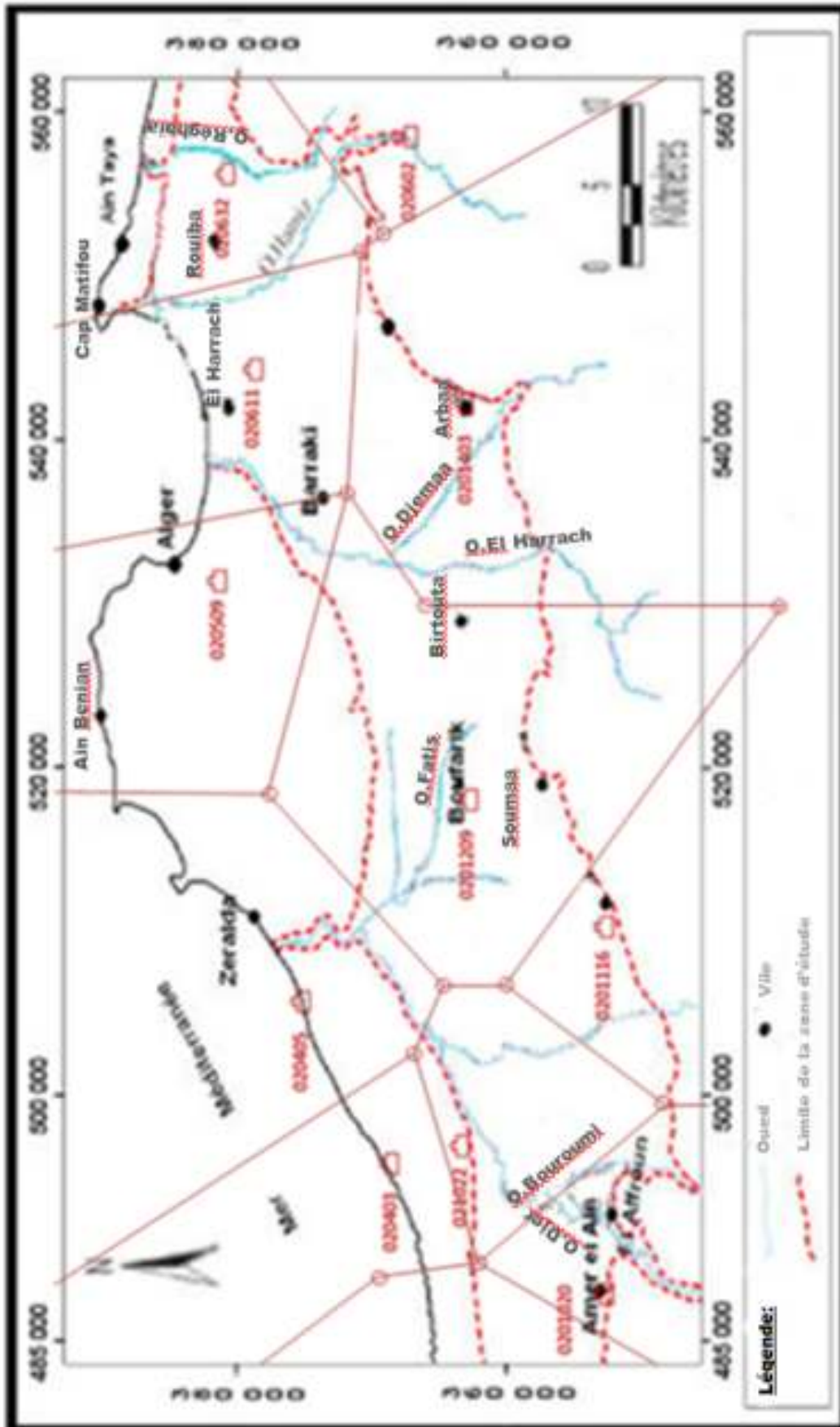


Figure n°9 : Tracé du polygone de Thiessen pour la Mitidja

c) Méthode des isohyètes

C'est la méthode la plus fiable, elle tient compte des variations des pluies à l'échelle d'un bassin en fonction de l'altitude, de l'éloignement de la mer et de la position locale du pluviomètre.

Le principe consiste à tracer les courbes d'égales précipitations à l'échelle du bassin étudié et à exécuter une planimétrie des surfaces comprises entre elles.

$$L_p = \sum \frac{P_i S_i}{S_t}$$

Avec :

- L_p : Lame moyenne précipitée (mm) ;
- P_i : Précipitation inter-isohyètes en mm ;
- S_i : Surfaces inter-isohyètes considérés en km² ;
- S_t : Surfaces totale du bassin versant en km².

La carte (figure n°10) et les résultats du tableau n°17 nous donnent une lame d'eau moyenne annuelle est de **636** mm.

Tableau n°17 : Lame d'eau précipitée calculée par la méthode des Isohyètes

P_i (mm)	S_i (Km ²)	$P_i * S_i$
637,5	94,88	60486
662,5	185,32	122774,5
687,5	103,72	71307,5
662,5	230,08	152428
637,5	283,76	180897
612,5	268,39	164388,88
575	164,57	94627,75
Total	1330,72	846909,63

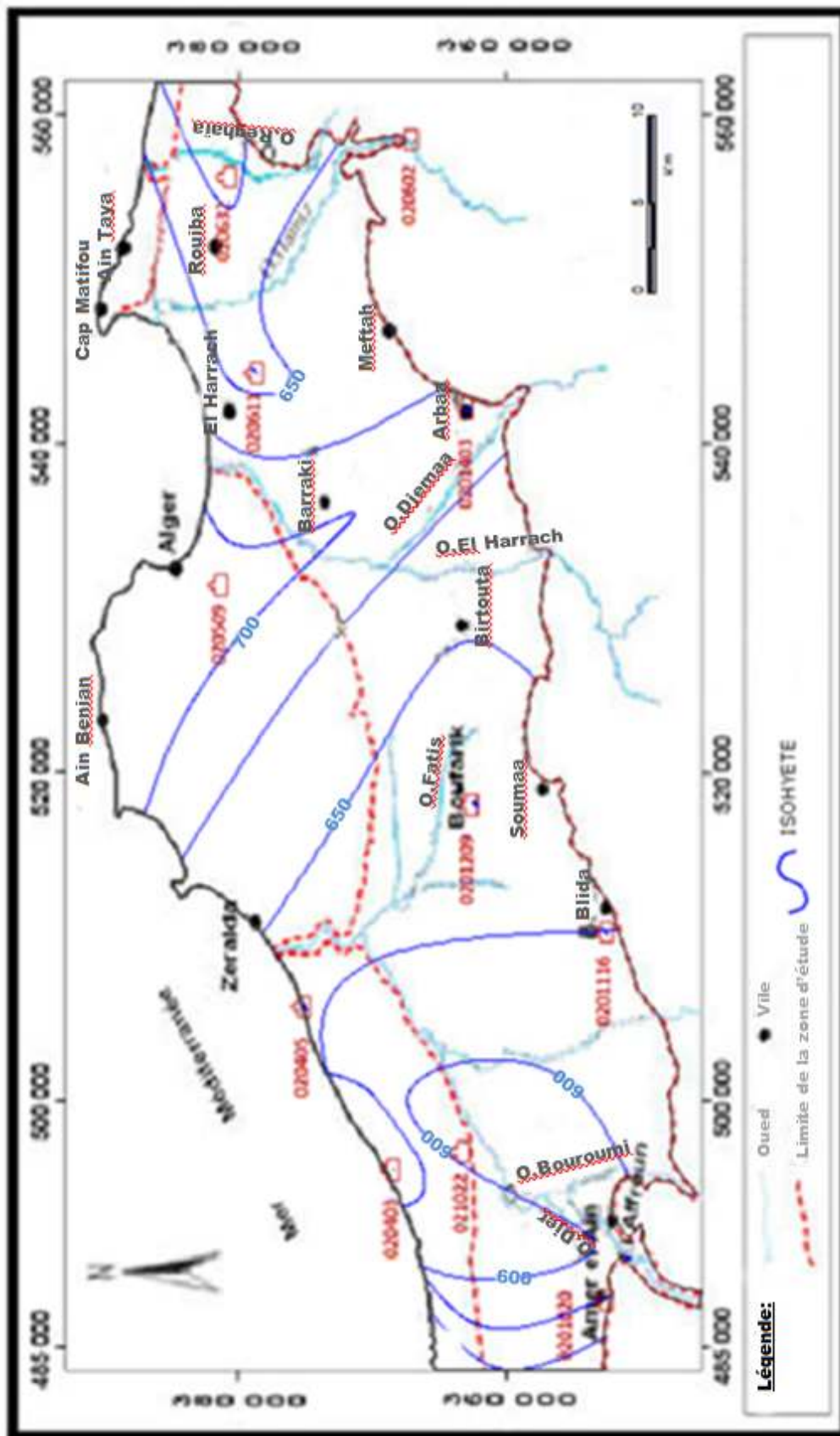


Figure n°10 : Cartes des isohyètes pour la Mitidja

Le tableau n°18, représente les résultats des trois méthodes, nous retiendrons la moyenne des résultats obtenus soit : **630** mm

Tableau n°18 : Estimation de la lame précipitée obtenue par les 3 méthodes

Méthode	Arithmétique	Thiessen	Isohyètes	Moyenne
Moyenne (mm)	630	625	636	630

II.3 Température de l'air :

La température est une donnée importante, elle rentre dans le calcul de nombreux paramètres, tel que : ETR et l'ETP. Une série de 37 ans (1971-2008) recueilli au niveau des stations météorologique de Dar El Beida et Blida a permis d'établir le tableau n°19.

L'interprétation des données des 2 Stations (fig. n°11), illustre une baisse des températures entre septembre et février : de 23,5 à 11,5°C pour la station de Dar El Beida et de 24,6 à 11,8°C pour la station de Blida ; Une augmentation régulière de mars à août atteignant des pics en Août de 26,5°C et 27,5°C respectivement pour les stations de Dar El Beida et Blida.

Tableau n°19 : températures mensuelles moyennes (1971-2008)

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
Dar.E.B	23,5	20,1	15,5	12,7	11,6	11,5	13,5	15,1	19,1	22,5	25,1	26,5
Blida	24,6	19,3	15	12,2	10,9	11,8	13,9	16,2	19,2	22,5	26,8	27,5

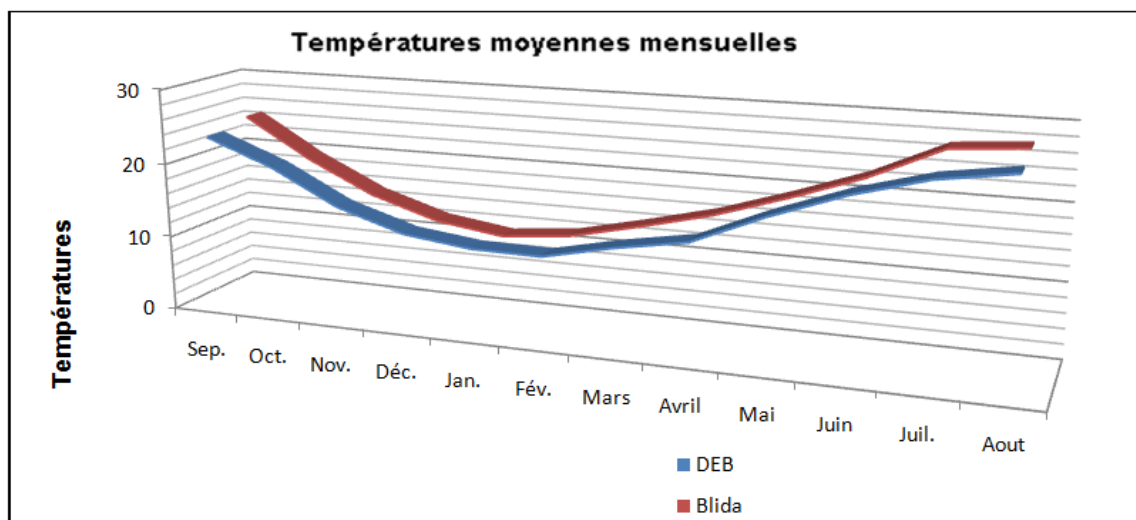


Fig.n° 11 : Variation des températures mensuelles moyennes (1971-2008)

II.4 Humidité

L'humidité décroît très largement de la côte à l'intérieur, elle est plus élevée en hiver qu'en été, d'après les services de météorologie sur la période étudiée, l'humidité atteint des valeurs d'environ 74% en été, en hiver les valeurs grimpent jusqu'à 80 % et sinon sur le reste de l'année on enregistre des valeurs modérées.

Selon l'abaque de Martonne (fig. n°12), la station de Dar El Beida et celle de Blida se classent dans la zone à drainage généralement océanique avec des indices d'humidité qui s'échelonnent entre 15,08 et 15,92 (Tab.20).

Tableau n°20 : l'indice d'humidité dans la Mitidja (1971-2008)

Station	P(mm)	T°(C)	Indice d'humidité
Dar El Beida	644	18,1	15,92
Blida	625	18,3	15,08

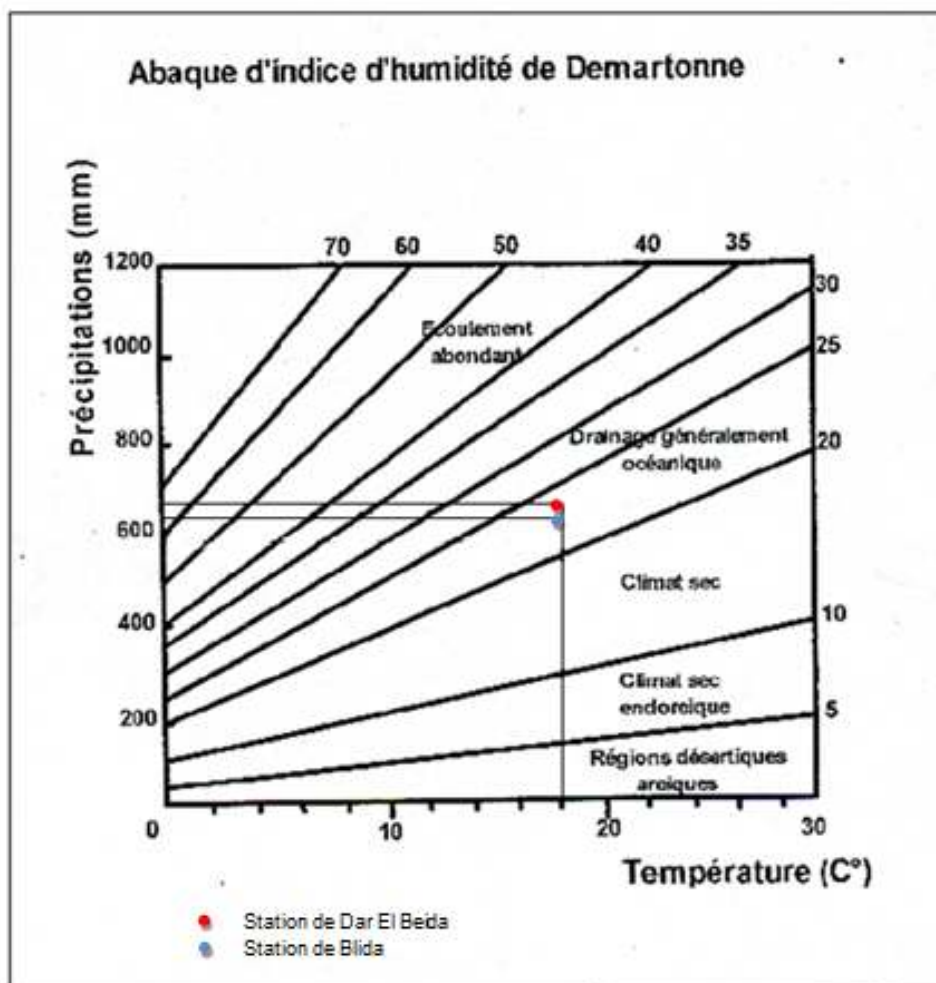


Fig.n° 12: Détermination de l'indice d'humidité [24]

II.5 Vent

Les seuls enregistrements complets des vitesses du vent dans la zone d'étude sont ceux effectués à la station de Dar El Beida pour la période de 1971 à 2008 et dont les données sont indiquées dans le tableau n°21.

L'analyse du tableau, ci-dessous, montre que la vitesse du vent est faible, aussi d'après les services de l'Office nationale météorologique les vents sont d'orientation Nord à Nord Est avec 19 jours de sirocco par an.

Tableau n°21 : vitesse moyenne du vent dans la station de Dar El Beida (1971-2008)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
V _{moy} (m/s)	3,0	2,8	3,0	3,8	3,6	3,6	3,3	3,4	3,4	3,4	3,3	3,5

II.6 Evapotranspiration

L'évapotranspiration est l'alliance de deux phénomènes : le premier est l'évaporation de nature physique et le second est la transpiration de nature biologique.

Le résultat est le retour direct dans l'atmosphère des eaux météoriques sous forme de vapeur. Ce sont les facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, le rayonnement solaire ainsi que le couvert végétal qui en sont responsables.

On distingue l'évapotranspiration potentielle (ETP), présentant la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée si le sol renfermait en continuité une quantité d'eau suffisante, et l'évapotranspiration réelle (ETR), qui est la quantité effectivement évapotranspirée.

II.6.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)

➤ **Formule de Thornwaite [88]**

Nous avons utilisé cette formule pour calculer l'évapotranspiration potentielle sur une période allant de (1971-2008).

$$ETP = 1,6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times K$$

Avec :

T : Température moyenne mensuelle en degrés Celsius;

I : indice thermique annuel, $I = \sum i$, (somme des indices thermiques mensuels);

K : coefficient d'ajustement mensuel voir ;

$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7921 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$;

i :Indice thermique mensuel;

$$I = \sum i \text{ et } i = (T/5)^{1,514} = 0,2 T^{1,514};$$

Les résultats sont reportés dans le tableau suivant (tableau n°22):

Tableau n°22 : Valeurs de l'ETP calculées par la méthode de Thornwaite (1971-2008)

Mois Stations	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aôu	Total
D.E.Beida	108	76	41,3	27,7	24,2	23,2	38,1	50,2	86,1	118,2	147,6	152,9	894
Blida	118,8	72,1	37,8	23,6	18,9	23,3	37	54,3	86,8	122,5	167,8	165,8	929

On remarque que les valeurs de l'ETP sont autant plus élevées quand on se rapproche des mois d'été, c'est-à-dire du mois de juin à septembre.

➤ **Formule de Turc [24]**

Elle fait appel à la radiation solaire :

$$ETP = k \frac{t}{t+15} (I_g + 50)$$

Où :

ETP : évapotranspiration potentielle exprimée en mm

t : température moyenne mensuelle.

k = 0,37 pour février, k = 0,40 pour les autres mois.

I_g : radiation solaire réelle, dont : I_g = I_{gA}(0.18 + 0.62 (h/H)).

I_{gA} : l'énergie de la radiation solaire qui atteindrait le sol en l'absence d'atmosphère, son évaluation repose sur les calculs d'Angot .

h/H : durée réelle d'insolation/durée maximale possible (varie entre 1 et 0,1).

H : durée astronomique du jour.

Pour la zone d'étude, l'ETP calculée est de l'ordre de **1223 mm** pour Dar El Beida et **1264 mm** pour la station de Blida. Ces valeurs sont les plus proches de la réalité que celles de Thornthwaite car :

Cette formule est plus adaptée à la région méditerranéenne et basée sur plusieurs facteurs climatiques, même si elle ne peut couvrir de grandes zones.

II.6.2 Evapotranspiration réelle (ETR)

L'évaluation de la lame d'eau évaporée se fera à partir des formules empiriques usuelles, il s'agit de **Turc**, **Coutagne** et **Wundt** qui font intervenir les paramètres courants tels que la précipitation et la température.

➤ Formule de Turc [24]

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}};$$

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

Avec :

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en (mm) ;

P : précipitation moyenne annuelle en (mm) ;

T : température moyenne annuelle en (°c) ;

P : Pouvoir évaporant.

Les résultats des calculs sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°23 valeurs de l'ETR calculée par la formule de Turc (1971-2008)

paramètres	Zone	P (mm)	T(°C)	L	ETR (mm)
Résultats	Dar El Beida	644	18,1	1048,99	570
	Blida	625	18,3	1063,92	560

➤ Formule de Coutagne [24]

$$ETR = P - \lambda T^2;$$

Où :

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T}; \text{ avec limite d'application } \frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda},$$

Avec :

ETR : évapotranspiration réelle en mm.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

t : température moyenne annuelle en °C.

Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°24 : valeurs de l'ETR calculée par la formule de Coutagne (1971-2008)

paramètres		λ	$1/8 \lambda$	P (mm)	$1/2 \lambda$	ETR (mm)
Résultats	Dar El Beida	0,3	0,42	644	1,67	546
	Blida			625	1,67	525

➤ **Formule de Wundt** [24]

L'ETR est calculée à partir de l'abaque de **Wundt**, qui est une fonction des précipitations moyennes annuelles, le déficit, le quotient d'écoulement et la température.

La valeur de l'ETR pour la station de Dar El Beida obtenu est de **560** mm, pour la station de Blida est de **545** mm (fig. n°13).

Le tableau n°25 récapitule les valeurs de l'ETP et l'ETR calculées par les différentes méthodes.

Tableau n°25 : récapitulatif des résultats de l'ETP et ETR sur toute la plaine (1971-2008)

Paramètres	Méthodes	Résultats (mm)		
		Dar El Beida	Blida	Moyenne arithmétique
ETP	Thorntwaite	894	929	1078
	Turc	1223	1264	
ETR	Turc	570	560	551
	Coutagne	546	525	
	Wundt	560	545	

Il est utile de comparer les résultats trouvés par les différentes méthodes pour voir s'il existe des différences significatives :

Les valeurs de l'ETP calculées par la méthode de **Thornwaite** et **Turc** donnent des valeurs inégales, chacune ayant été élaborée dans un lieu différent [81], ainsi nous prendrons une moyenne arithmétique des deux méthodes, soit **1078** mm.

S'agissant de l'ETR, d'après l'analyse de résultats, nous pouvons dire que les valeurs de l'ETR sont assez proches, de ce fait nous prendrons une moyenne sur les trois résultats obtenus dans les deux stations, ainsi la valeur obtenue entre les deux stations sera de **551** mm soit **87%** des précipitations tombées.

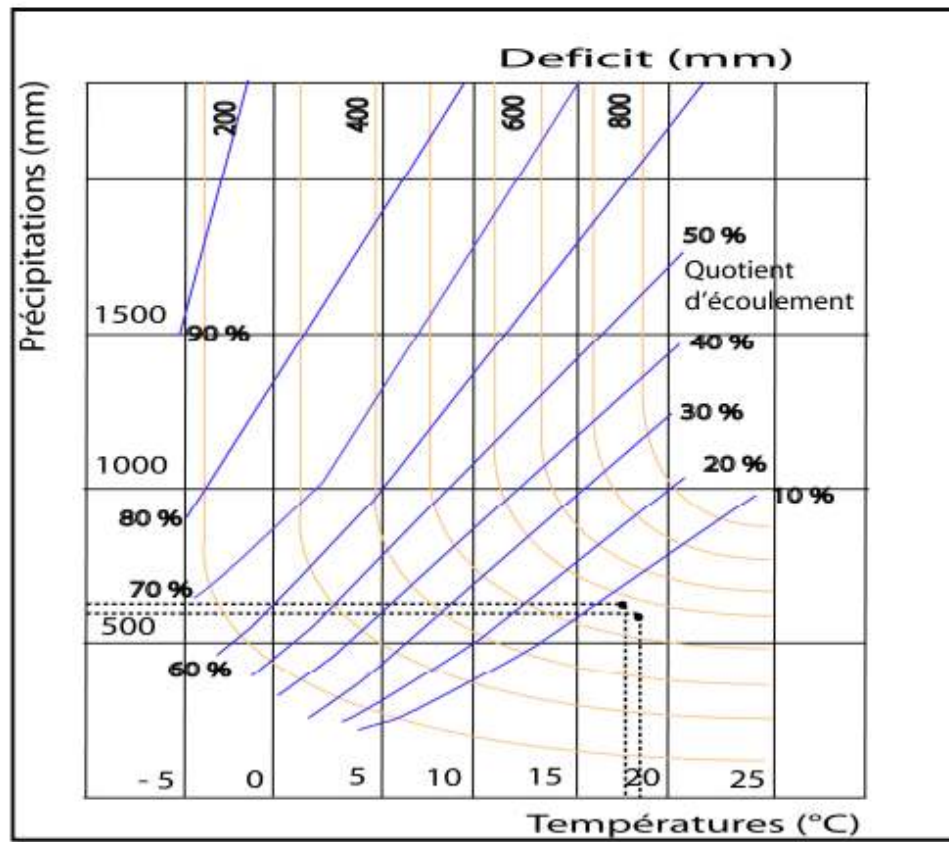


Figure n°13 : Détermination de la lame d'eau évaporée par le diagramme de Wundt

II.7 Etude hydrologique

L'hydrologie de surface s'intéresse à une fraction de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant et drainée par le réseau hydrographique. La nature lithologique et le contexte géographique influent beaucoup sur la densité et la disposition du réseau hydrographique.

II.7.1 stations hydrométriques

On recense dans la zone d'étude seulement deux stations hydrométriques à savoir : la station de Baraki et celle de pont D9 El Hamiz. Les autres stations sont à l'abandon ou contiennent des données de mauvaise qualité. Elles servent à comptabiliser les apports des oueds d'El Harrach et El Hamiz (tableau n°26).

Les séries utilisées concernent la période allant de 1971 à 1996, récoltées auprès des services de l'ANRH.

Tableau n°26 : coordonnées des stations hydrométriques (ANRH)

Stations	Code	X	Y
Baraki	021418	556,3	373,05
Pont D9 El Hamiz	020629	535	376,3

II.7.2 Apports liquides

Les variations mensuelles de l'écoulement dans la Mitidja sont directement liées aux variations mensuelles des précipitations. Le maximum des apports est enregistré de décembre à mai avec des valeurs de **18,3** à **36,3** hm³ pour la station de Baraki et de novembre à avril avec des valeurs de **0,96** à **20,77** hm³ pour la station de Pont D9, concordant ainsi avec la période de hautes eaux. Tandis que de juin à novembre on enregistre une valeur minimale au mois d'aout de **1,04** hm³ pour la station de Baraki et une valeur minimale de **0,01** hm³ sur la période de mai à octobre pour la station de Pont D9, ces valeurs s'accordent avec la période des basses eaux.

Le tableau n°27 montre l'importance des apports reçus par la station de Baraki à savoir **181,65** hm³ par an, soit plus de 4 fois le volume reçu par la station du Hamiz (Pont D9).

Tableau n°27 : apports mensuels des 2 stations (hm³)

Station	Période	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Baraki	1971-1996	6,23	3,51	9,54	18,30	36,34	32,48	36,32	19,45	13,70	3,19	1,58	1,04	181,65
Pont D9	1973-1974	0,79	1,51	3,18	0,96	0,81	8,53	20,77	6,03	0,64	0,11	0,08	0,01	43,42

II.7.3 apports solides

La quasi-totalité des eaux de surfaces présente des concentrations relativement élevées en matières en suspensions charriées par les oueds. D'après des séries de mesures sur les transports solides, exécutées en stations hydrométriques sur plusieurs cycles hydrologiques, les concentrations moyennes atteignent des valeurs de 2,25 g/l, le maximum est atteint en période de crue, il est expliqué par le régime d'écoulement, qui est torrentiel. (Tableau n°28).

Tableau n°28 : apports solides des 2 stations (g/l, ANRH)

Stations	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Baraki	2001-2006	13,31	2,43	1,25	2,58	1,22	0	0	0	0,56	1,24	4,74	2,85	30,18
Pont D9	2002-2006	1,28	2,00	0,57	0,25	1,70	0	0	0	0,00	0,00	0,79	2,22	8,81

L'analyse du tableau n°28 montre qu'en période d'étiage notamment les mois de Juin, juillet et août, l'absence du transport solide est causée par l'inexistence d'écoulement.

II.7.4 bilan hydrologique

La formule classique du bilan est la suivante :

$$\Delta s = P - (E + R + I); \quad \text{où } I = P - (ETR + R) - \Delta s$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

E : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm) ;

R : ruissellement moyen annuel (mm) ;

I : Infiltration moyenne annuelle (mm).

Δs : Variation des réserves qui tend vers zéro pour une période s'étalant sur plusieurs Années (supérieur à 30 ans).

➤ Estimation de la lame d'eau ruisselée

• Méthode de Tixeront-Berkalof [87]

Cette formule empirique est applicable dans le nord du pays qui est caractérisé par un climat semi-aride, elle est donnée par l'expression suivante :

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

Avec :

R : ruissellement superficiel moyen annuel (mm) ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

ETP : évapotranspiration potentielle moyenne annuelle.

L'application de cette formule nous donne les résultats suivants (tableau n°29) :

Tableau n°29 : valeurs de (R) selon la méthode Tixeront-Berkalof (1971-2008)

zones	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
Dar El Beida	644	1059	79
Blida	625	1097	68

- **Formule méditerranéenne [24]**

$$R = 0,0015 P^{1,8}$$

Avec :

R : Ruissellement superficiel moyen annuel (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

L'application de cette formule nous donne un résultat de (R) plus que deux fois supérieur à celui calculé par la première méthode (tab.30), dans ce qui suit on utilisera la première formule qui est plus largement utilisée.

Tableau n°30 : valeurs de (R) selon la formule méditerranéenne (1971-2008)

zones	P (mm)	R (mm)
Dar El Beida	644	171
Blida	625	162

➤ **Détermination de la lame d'eau infiltrée**

L'infiltration est liée aux différentes conditions dont la texture du sol et la pluviométrie, le tableau suivant récapitule les valeurs calculées du bilan hydrologique.

Tableau n°31 : différentes composantes du bilan hydrologique dans la Mitidja (1971-2008)

Paramètres	Méthodes utilisées	Valeurs (mm)			
		Dar El Beida	%*	Blida	%*
ETP	Moyenne	1059	-	1097	-
E (ETR)	Moyenne	559	86,8	543	86,88
R	Tixeron-Berkaloff	79	12,27	68	10,8
I	Bilan hydrique	6	0,93	14	2,24

* : Proportion (%) des différents paramètres par rapport à la lame précipitée

II.8 Conclusion

La Mitidja, située près de la mer, est une zone qui jouit d'un climat méditerranéen, caractérisée par un été sec et chaud et un hiver humide et froid.

La température moyenne annuelle est estimée à 18°C, la valeur moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de **630** mm sur une période allant de 1978 à 2008.

L'évapotranspiration potentielle moyenne de 1971 à 2008 est de **1078** mm.

Quant à l'évapotranspiration réelle, elle est de **551** mm soit : 87% des précipitations.

Le bilan hydrique indique que presque 87% des précipitations retournent à l'atmosphère, une lame ruisselée de 11 % et une lame infiltrée qui ne dépasse pas les 2 % des précipitations. Il est utile de souligner que ce bilan est très utile pour quantifier les quantités d'eau qui alimentent les nappes.

Il est à signaler que l'hydroclimatologie joue un rôle très important dans l'étude de la qualité des eaux. En effet les paramètres et les données climatiques nous permettent non seulement de caractériser le régime climatique mais également de quantifier les apports aux réservoirs souterrains par le biais du bilan hydrologique. Ces apports influent sur la concentration des pollutions présentes dans les eaux superficielles qui peuvent contaminer la nappe.

Par ailleurs, la lame infiltrée (I) est un paramètre fondamental utilisé dans la méthode DRASTIC pour évaluer la vulnérabilité à la pollution des eaux d'une nappe. Ceci serait d'une utilité certaine pour l'élaboration de la troisième partie de ce travail.

chapitre 03

Géologie

III. Etude géologique

III.1 Introduction

La Géologie de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études. Dans ce qui suit nous allons définir le contexte géologique de la zone d'étude ensuite, nous analyserons la stratigraphie et la lithostratigraphie, un prérequis pour définir les éléments susceptibles d'influer sur le chimisme des eaux souterraines, et de cerner au mieux la disposition spatiale des aquifères.

III.2 Contexte géologique régional

L'Algérie présente quatre ensembles structuraux, qui sont du Nord au sud :

- Le domaine tellien;
- Les hauts plateaux et les hautes plaines;
- Atlas saharien;
- La plate forme saharienne.

La région d'étude appartient au domaine tellien et se situe dans les limites de la chaîne orogénique périméditerranéenne d'âge alpin.

III.3 Contexte géologique local

La Mitidja est une plaine, côtière NE-SW. Elle présente une structure synclinale, siège d'une sédimentation provenant de la transgression des mers et de l'érosion.

Elle est comprise entre deux blocs :

- Au Nord l'anticlinal du sahel d'altitude moyenne 200 m qui sépare la Mitidja de la mer, interrompu par la cluse du Mazafran. Le Sahel se raccorde à l'Ouest de l'oued Nador au massif du Chenoua et à l'Est au massif de Bouzaréah.
- Au Sud l'Atlas blidéen qui est un vaste massif montagneux caractérisé par des séries épaisses du crétacé.

III.4 Stratigraphie et lithostratigraphie

L'examen des cartes géologiques : établie par l'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH) en 2011 à l'échelle 1/500.000 (fig. n°14) et celle de Binnie et Partners (1983) (fig. n°15), montre, la répartition des différentes formations et les relations entre les différentes couches structurales, le tout schématisé par les coupes géoélectriques (figure n°16.a,b,c). Un résumé lithostratigraphique des différentes formations est présenté dans le tableau n°32.

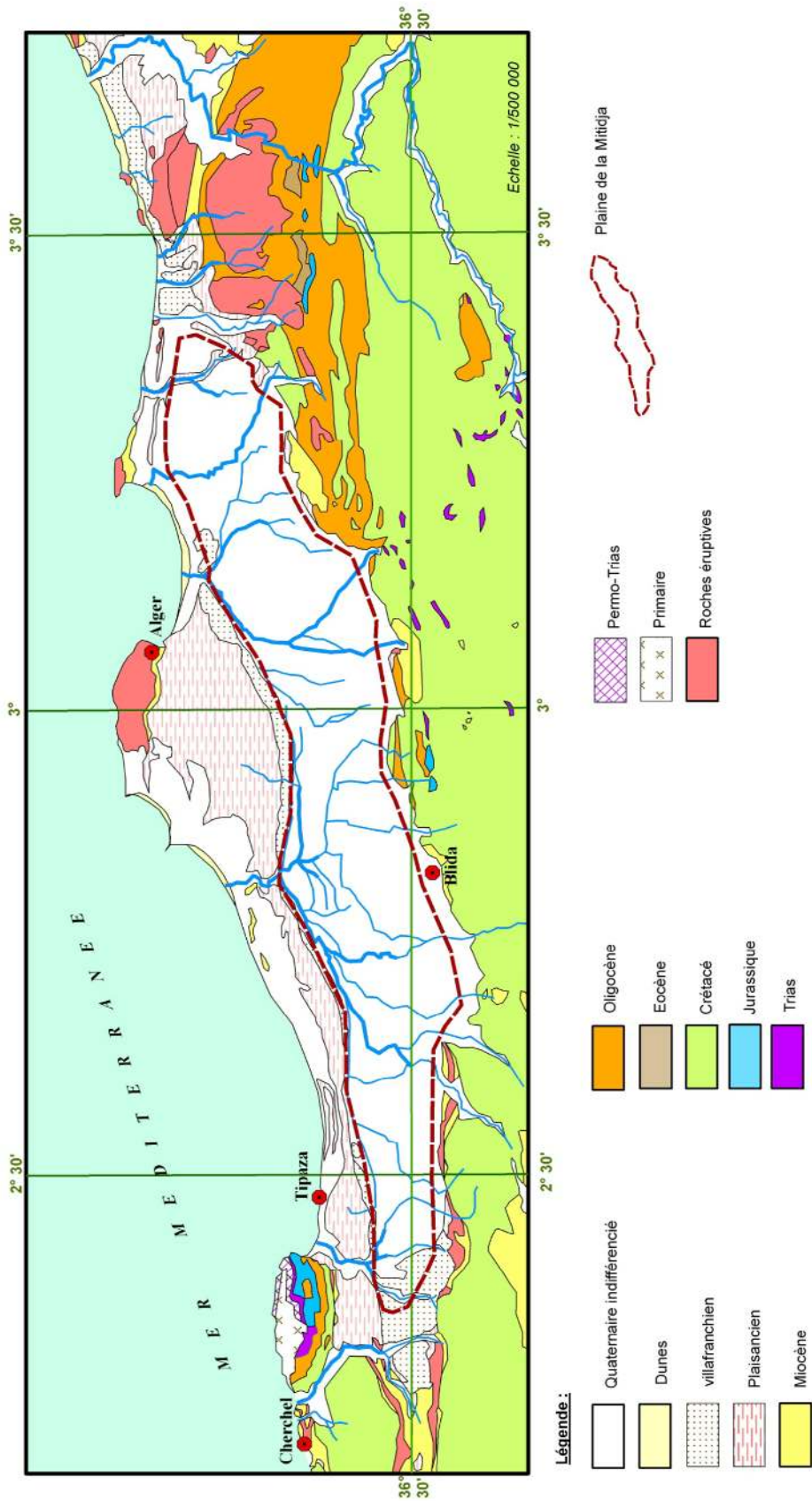


Fig.°14 : Carte géologique de la Mitidja

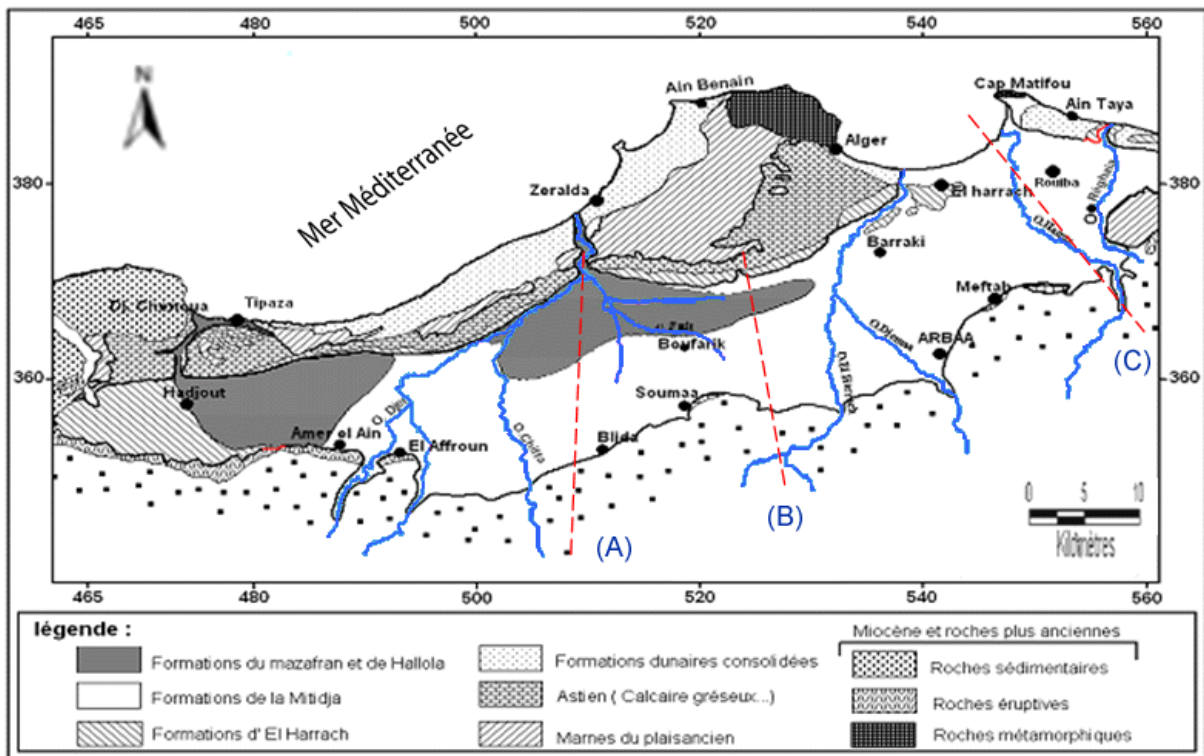


Figure n°15 : Carte géologique de la Mitidja [16]

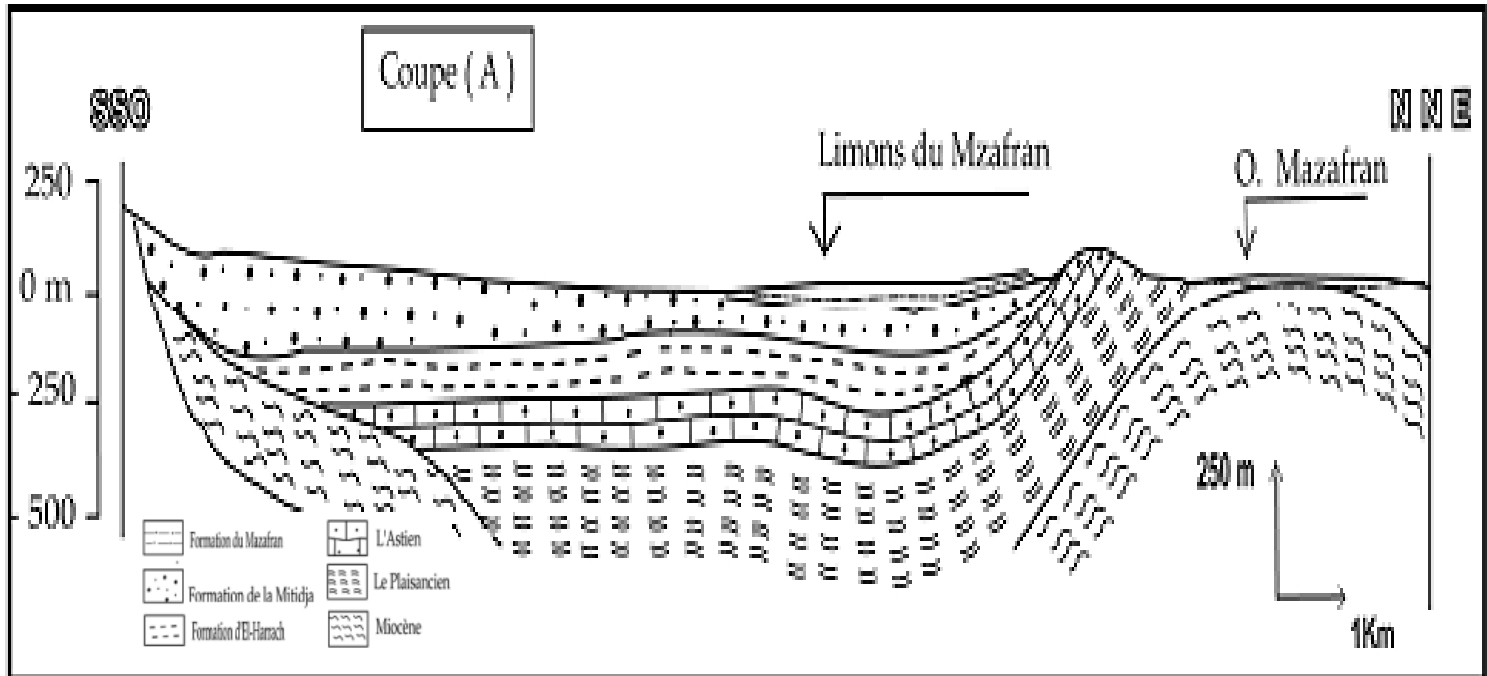


Figure n°16.a : Coupe géo électrique du sous bassin du Mazafran [16]

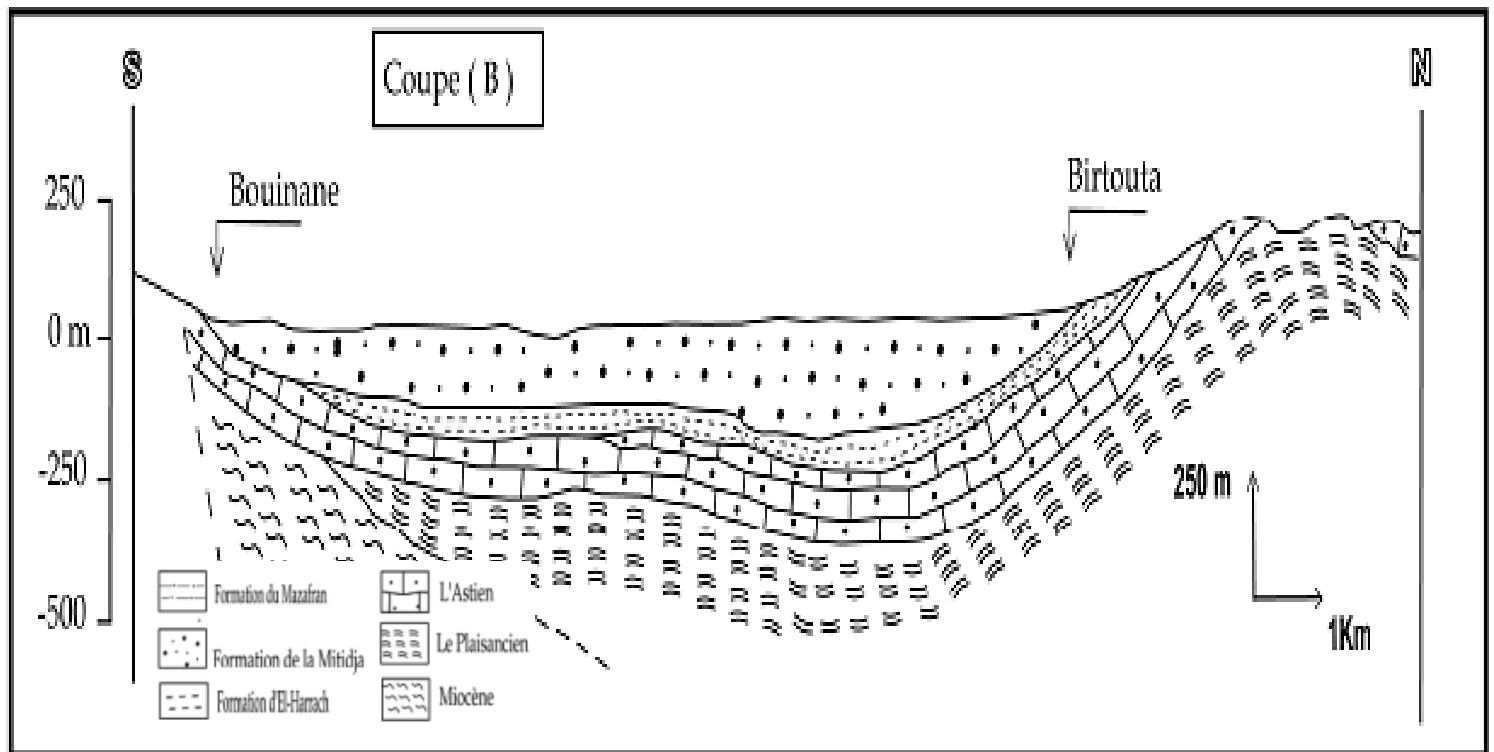


Figure n°16.b : Coupe géo électrique du sous bassin d'El Harrach [16]

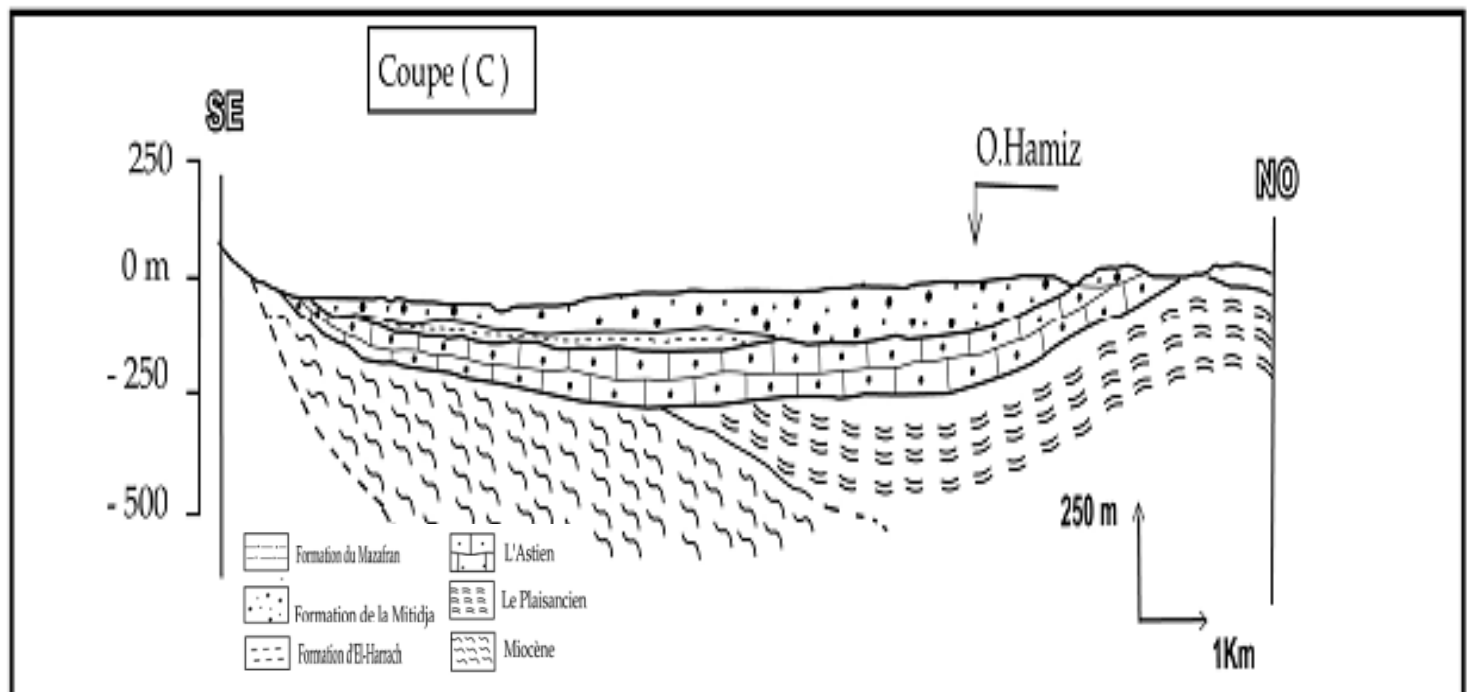


Figure n°16.c : Coupe géo électrique du sous bassin d'El Hamiz [16]

Ces formations se présentent comme suit :

a) Miocène et roches plus anciennes

Les formations d'âge miocène se trouvent sous le bassin de la zone d'étude plus exactement dans le cœur de l'anticlinal du Sahel et affleurent par endroit dans l'atlas sur la bordure du bassin, au niveau de Khemis El Khechna et à l'Est de l'Oued Réghaia. Elles sont constituées par des marnes de 50 m d'épaisseur du vindobonien contenant des lentilles de calcaires et des grés d'épaisseur variable du burdigalien.

Formations anciennes

Elles sont constituées par :

- **Roches éruptives du tertiaire** : ces roches sont associées aux roches volcaniques, calcaires, conglomérats affleurant sur la périphérie Sud Ouest de la plaine de la Mitidja.
- **Roches métamorphiques** : Elles sont constituées de gneiss de schistes et micas . Elles apparaissent sous forme de petits affleurements isolés au nord (massif d'Alger, cap Matifou).

b) **Pliocène** : Le pliocène est représenté par des dépôts du Plaisancien et l'Astien qui sont les plus développés dans la zone d'étude.

- **Plaisancien** : Le plaisancien affleure uniquement dans les collines du sahel au cœur d'un plissement anticlinal, dans la région de Khemis el khechna et Réghaia où il constitue la formation Est du bassin. Il est représenté par une série épaisse uniforme de marnes grises ou bleues parfois sableuses.
- **Astien** : il est développé du côté Sud du Sahel par contre il n'apparaît que très peu du côté de la bordure sud de la Mitidja. Cette formation est définie par un faciès varié associé à une sédimentation marine de haut fond. Cette série possède une épaisseur de 100 à 130 m, débute par une couche glauconieuse et se poursuit par de la molasse récifale à sub-récifale, par des marnes jaunes ainsi que par un faciès calcaire ou calcaire gréseux. A l'Est de Rouïba, l'astien se situe à de faibles profondeurs et son épaisseur a été réduite par l'érosion

c) Villafranchien

Le villafranchien appelé aussi formation d'El Harrach est dissimulé par des dépôts alluviaux plus récents. Il apparaît le long du versant sud du sahel et à l'extrémité ouest du bassin.

Cette formation constitue une séquence relativement uniforme d'argile plastique jaune ou grise localement, légèrement caillouteuse, contenant un petit nombre de lentilles de graviers de 2 à 6 m.

Son épaisseur moyenne au milieu du bassin versant est estimée à 100 m, elle diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'Atlas. Il est à noter que ces argiles sont totalement absentes autour de Rouïba.

d) Soltano Tensifien Rharbien

Cette formation est présente dans toute la zone d'étude sauf à l'Ouest, on y trouve surtout des matériaux grossiers tels que les galets et graviers. Son l'épaisseur varie en moyenne de 100 à 200 m et diminue vers les bordures de la baie d'Alger.

e) Rharbien actuel

Il comprend des dépôts de sables dunaires des piémonts de l'atlas ainsi que les graviers provenant des lits des oueds.

La baie d'Alger et la région de Réghaia sont bordées par des dépôts marins et des dunes. Ils se composent de sables meubles éoliens ou de sables dunaires de 20 à 40 m d'épaisseur; De graviers et de couches fossilisées consolidées ou cimentées.

Tableau n°32 :lithostratigraphie synthétique de la Mitidja [19]

Système		Etage	Lithologie	Epaisseur (m)	Hydrogéologie
QUATERNAIRE	Holocène	Actuel/récent			
	PLEISTOCENE	Flandrien/Rharbien	Limons, argiles limoneuses	20	Perméabilité faible
			Sables consolidés à lumachelles	30	Perméabilité bonne Nappe phréatique du sahel
		Soltanien/tensifien	Alternance de gravier et d'argile	150	Perméabilité généralement élevée Ressources en eaux importantes
		Calabrien/Villafranchien	Argile et cailoutis	100	Perméabilité faible. Substratum de la nappe Des alluvions de la Mitidja
TERTIAIRE	PLIOCENE	Astien	Grés, sable, calcaires	120	Perméabilité variable Nappe libre devenant captive sous la Mitidja
		Plaisancien	Marnes et argiles bleues	200	Perméabilité faible Substratum de la nappe de l'Astien Pas d'eau

(suite)

Systeme	Etage	Lithologie	Epaisseur (m)	Hydrogéologie
MIOCENE	Vindobonien	Marne à lentilles de calcaire	50	Perméabilité très faible
	Burdigalien	Marne à lentilles de grés	-	Perméabilité mais ressources en eaux faibles
EOCENE	Marnes et argiles noires			Perméabilité très faible

III.5 Conclusion

La Géologie de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études fondées sur les travaux majeurs de [49] et [10] qui avaient établi que la Mitidja était un bassin intra montagneux formé par effondrement rempli de dépôts d'âge plio-quadernaire.

Cette étude nous a permis de dégager certains traits essentiels grâce auxquels ont été définis les formations aquifères et leurs substratums imperméables dans la région de la Mitidja.

La plaine de la Mitidja correspond à une zone de subsidence [49], sédimentation active dont les éléments proviennent des reliefs de l'Atlas blidéen à la fin du pliocène et au quadernaire, qui ont permis la formation de deux réservoirs :

- Le réservoir Astien, gréseux ou marno-calcaire,
- Le réservoir alluvionnaire du Quadernaire, constitué par la superposition des alluvions du Quadernaire moyen et récent.

chapitre 04

Hydrogéologie

IV. Etude hydrogéologique

IV.1 Introduction

La Mitidja est une région qui a fait l'objet de nombreuses études [36], [6], [16], [48], ces études ont été nos références de base dans ce qui suit.

D'après toutes ces études on distingue deux aquifères principaux contenus dans les calcaires et grès de l'Astien et dans les sables, graviers des Alluvions de la Mitidja.

IV.2 Formations des aquifères de la Mitidja

Du point de vue hydrogéologique, la Mitidja renferme deux principaux réservoirs aquifères à savoir (figure n°18) :

1. L'aquifère des formations grésocalcaires d'âge Astien

Ce dernier couvre la majeure partie du bassin alluvial et affleure au niveau du sahel et de l'atlas blidéen. Les marnes bleues du Plaisancien constituent le substratum de cet aquifère et les marnes jaunes semi-perméables d'El Harrach, forment son toit.

L'épaisseur moyenne de cette formation varie de 100 à 150 m, et diminue sensiblement vers le Sud-Est où elle passe de 15 à 30 m. La nappe est généralement captée entre 250 à 300 m de profondeur au dessous de la surface de la plaine.

L'Astien est à dominance gréseuse, il est généralement captif sous la plaine et devient libre dans les zones d'affleurement. La zone de contact direct entre l'astien et les alluvions du quaternaire se situe à l'Est d'El Hamiz (poche de Rouïba) où les marnes jaunes disparaissent complètement.

Cette nappe est peu sollicitée au centre de la Mitidja que par quelques forages alors que nous observons de nombreux ouvrages dans le bombement du Sahel notamment dans la région de Birkhadem et Bir Mourad Rais.

2. L'aquifère des alluvions du Quaternaire

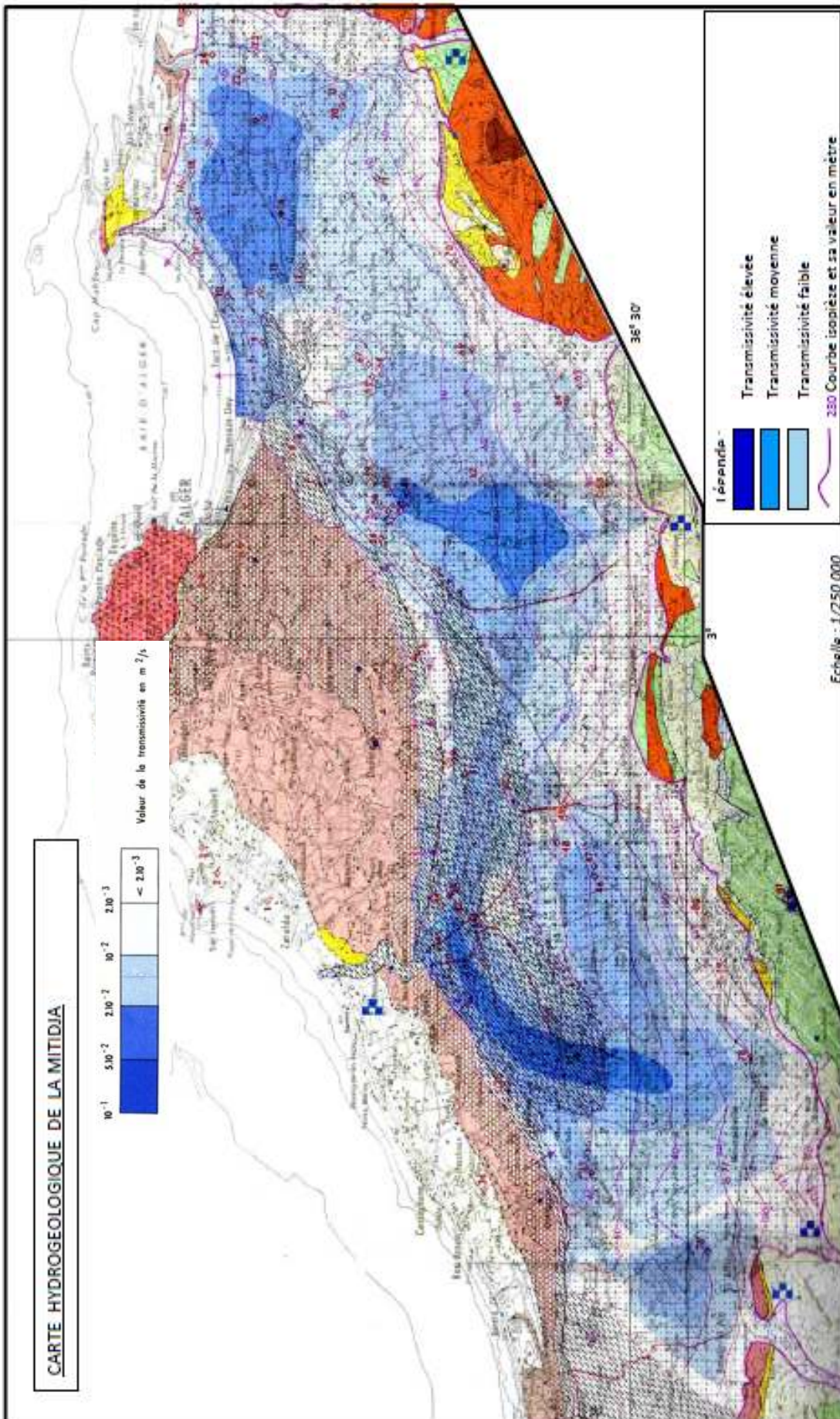
Les formations de cet aquifère sont composées principalement de graviers et de galets alternant avec des limons et des argiles, couvrant toute l'étendue de la plaine. Les alluvions sont d'âge quaternaire (Soltano-Tensifien inférieur) et reposant sur les marnes jaunes d'El Harrach.

L'épaisseur moyenne de l'aquifère est d'environ 100 à 150 m sur une grande partie de la plaine, elle diminue en direction de l'Atlas et atteint 40 m au niveau de la baie d'Alger.

Il forme une nappe libre sur toute son étendue sauf dans le Bas Mazafran où il devient captif sous les limons du Rharbien.

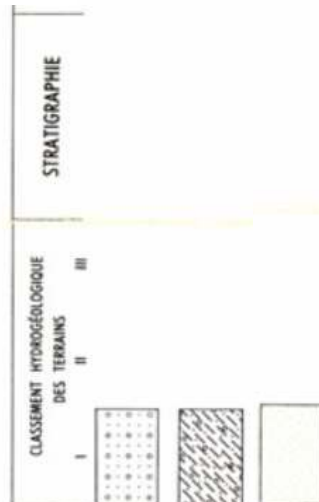
Cet aquifère est très sollicité pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger, de Boumerdes, de Blida et de Tipaza grâce à de nombreux champs de captage.

En outre, il contribue à l'irrigation des terres agricoles et assure les besoins en eau de la majorité des unités industrielles.



CLASSEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DES TERRAINS

- I – Terrains à perméabilité élevée. Ressources en eau généralement importantes
- II – Terrains à perméabilité moyenne. Ressources en eau variables
- III – Terrains à perméabilité très faible. Pas de nappe d'eau souterraine



V.2.1 Alimentation des aquifères de la Mitidja

L'alimentation des nappes s'effectue par :

Les affleurements de l'Astien et des alluvions, qui offrent une surface à l'infiltration de l'ordre de 1600 km².

Les rivières notamment les oueds El Harrach, Chiffa, Mazafran, Hamiz. Le coefficient d'infiltration dans les alluvions est de 10% pour les alluvions récentes et de 15% pour les alluvions anciennes.

Ce qui revient à dire que :

1. L'aquifère Astien s'alimente :

- Par infiltration efficace des précipitations (dans les zones où la nappe est libre) ;
- Par infiltration des eaux des nappes alluviales sus-jacentes, par drainance à travers la formation d'El Harrach (présence de passés de sable et de graviers).

2. L'aquifère Quaternaire est alimenté essentiellement par:

- L'infiltration des précipitations sur toute son étendue.
- L'infiltration à travers les cours d'eau le traversant.
- Les écoulements souterrains de l'Astien vers la nappe alluviale à travers la formation d'El Harrach (phénomène de drainance).

IV.2.2 Exutoires des acquières de la Mitidja

1. L'aquifère astien

Les seuls exutoires de cet aquifère sont constitués par un flux de drainance ascendant vers la nappe alluviale à travers les passées caillouteuses de la formation d'El Harrach et les quelques forages le captant.

3. L'aquifère quaternaire

Ses exutoires sont plus importants comparativement à l'aquifère astien ; ils sont assurés par :

- Le drainage des oueds dans leur cours aval,
- Fuites vers la Mer
- Le pompage dans les puits et forages.

IV.2.3 Relation avec les eaux de surface

La variation du régime des nappes de la Mitidja indique qu'il y a une relation entre les eaux superficielles et souterraines. En effet, la fraction appréciable des précipitations dans la zone saturera les formations alluviales. En effet en période humide on constate l'augmentation des débits des oueds et la remontée des niveaux des eaux souterraines.

IV.2.4 Caractéristiques hydrodynamiques

Elles concernent la transmissivité (T) et le coefficient d'emmagasinement (S) qui sont définies par des essais de pompages.

La transmissivité représente le produit de la conductivité hydraulique (perméabilité exprimée en mètre/seconde) par l'épaisseur productive de l'aquifère. Elle caractérise donc la facilité avec laquelle l'eau souterraine peut se déplacer lorsqu'il y a un gradient en charge hydraulique.

Les valeurs de la Transmissivité sont globalement assez bonnes, pour les 2 aquifères, mais parfois variables en raison de la diversité de la nature lithologique et de la géométrie de l'aquifère, et cela au regard des études suivantes :

1. **Astien** : ([16], [48], [83], [90]), donnent des valeurs oscillant entre 10^{-3} à 3.10^{-2} m²/s.
2. **Quaternaire** : ([5], [48], [84], et [90]) aussi concèdent des valeurs variant entre 10^{-3} à 3.10^{-2} m²/s.

Quand aux valeurs du coefficient d'emmagasinement pour les deux aquifères : d'après les études citées au préalable, elles sont généralement de l'ordre de $1,7.10^{-6}$ à 10^{-3} .

Les différentes valeurs de la transmissivité et coefficient d'emmagasinement sont transcrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°33 :transmissivité et coefficient d'emmagasinement dans la Mitidja

Aquifère	Transmissivité (m ² /s)	Auteur	coefficient d'emmagasinement	Auteur
Astien	10^{-2} - $2,3.10^{-2}$	[16]	5.10^{-6} à 5.10^{-3}	[16]
	10^{-3} - 3.10^{-2}	[36]		
	$1,1.10^{-3}$ à $2,2.10^{-3}$	[83]	-	-
	$1,7. 10^{-2}$ à $3. 10^{-2}$	[90]	-	-
Quaternaire	4.10^{-2}	[5]	7.10^{-3}	[6]
	10^{-3} à 5.10^{-3}	[48]	$1,7.10^{-3}$	[36]
	$9,2.10^{-3}$	[84]	10.10^{-3}	[90]
	$9,3.10^{-3}$ à $2,9.10^{-2}$	[84]	7.10^{-3}	[84]
	$1,5.10^{-2}$ à 2.10^{-2}	[90]	-	-

Dans ce qui suit nous nous sommes basés sur les résultats des travaux de Toubal, 1998, pour définir les caractéristiques hydrodynamiques de la plaine de la Mitidja.

D'après la carte Krigée des transmissivités [90], on observe trois zones d'intérêt hydrogéologique avec des transmissivités importantes (Fig.19)

la zone (1) : se localise au niveau du sous bassin du Hamiz avec des transmissivités qui varient entre $1,7.10^{-2}$ et $2,3.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

la zone (2) : se situe au niveau du sous bassin d'El Harrach avec des transmissivités, de l'ordre de $0,4.10^{-2}$ à $3.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

la zone (3) : se trouve au niveau du sous Mazafran où l'intervalle des transmissivités varie de $1,5.10^{-2}$ à $2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

d'après [90] les valeurs les plus faibles se situent dans les fonds peu perméables tels que :

- L'axe de Mouzaia, Attatba.
- L'axe de Boufarik, oued El Alleug.
- La région de Merftah.

Les faibles transmissivités s'observent également dans les piémonts de l'Atlas où les valeurs de T (m^2/s) varient de 10^{-3} à $5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

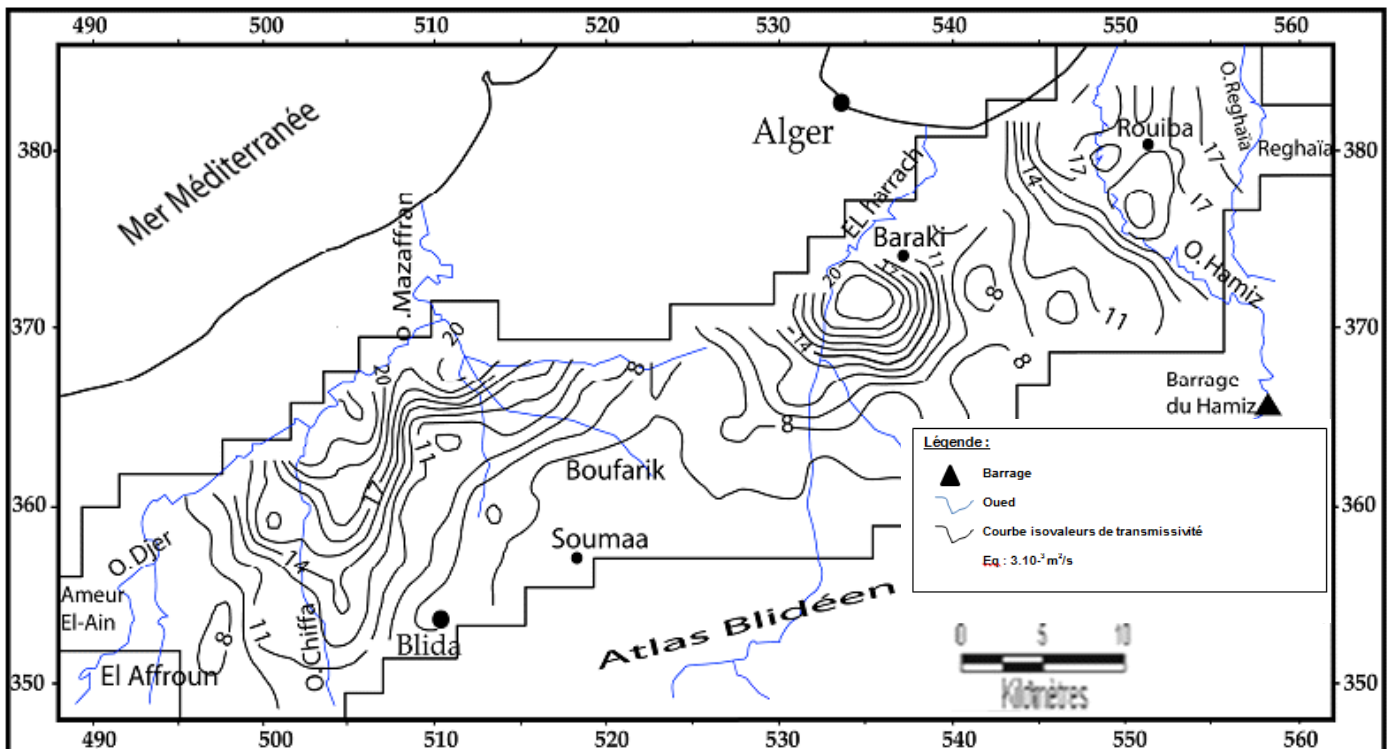


Fig.19 : Carte Krigée des Transmissivités de la plaine de la Mitidja (Toubal, 1998)

IV.2.4.1 Bilan du système aquifère

Le bilan de la nappe alluviale de la Mitidja, établi par modèle mathématique réalisé en 2009 par [84], estime la recharge de la nappe à 307.2 Hm³/an et les sorties à 315,54 Hm³/an, (Tableau n°34).

Tableau n° 34 : Bilan des eaux souterraines de la Mitidja (2009)

Eléments du bilan	Entrées (Hm ³ /an)	Sorties (Hm ³ /an)
Infiltration par précipitation	129,03	-
Infiltration à partir des Oueds	74,30	25,92
Apports par l'Atlas	79,02	-
Apport latéral par Astien (Sahel)	3,28	-
Apport Astien par drainance	21,53	-
Prélèvements (puits et forages)	-	279,22
Fuites vers la mer	-	10,40
Total	307,16	315,54

Si nous nous basons uniquement sur les résultats précédents concernant les prélèvements, on serait tenté de conclure que la Mitidja ne souffre pas d'une surexploitation du fait d'un léger déficit de **8,38 Hm³**. En fait ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précautions, car de nombreux forages appartenant à des agriculteurs privés ne sont pas inventoriés. L'étude [13] a permis de faire une évolution des niveaux statistiques des eaux de la Mitidja à travers l'étude de 35 piézomètres. Elle montre qu'en de nombreux endroits, les rabattements ont atteint la limite du tolérable, des valeurs comprises entre 20 et 40 m sont enregistrés (figure n°20 et 21).

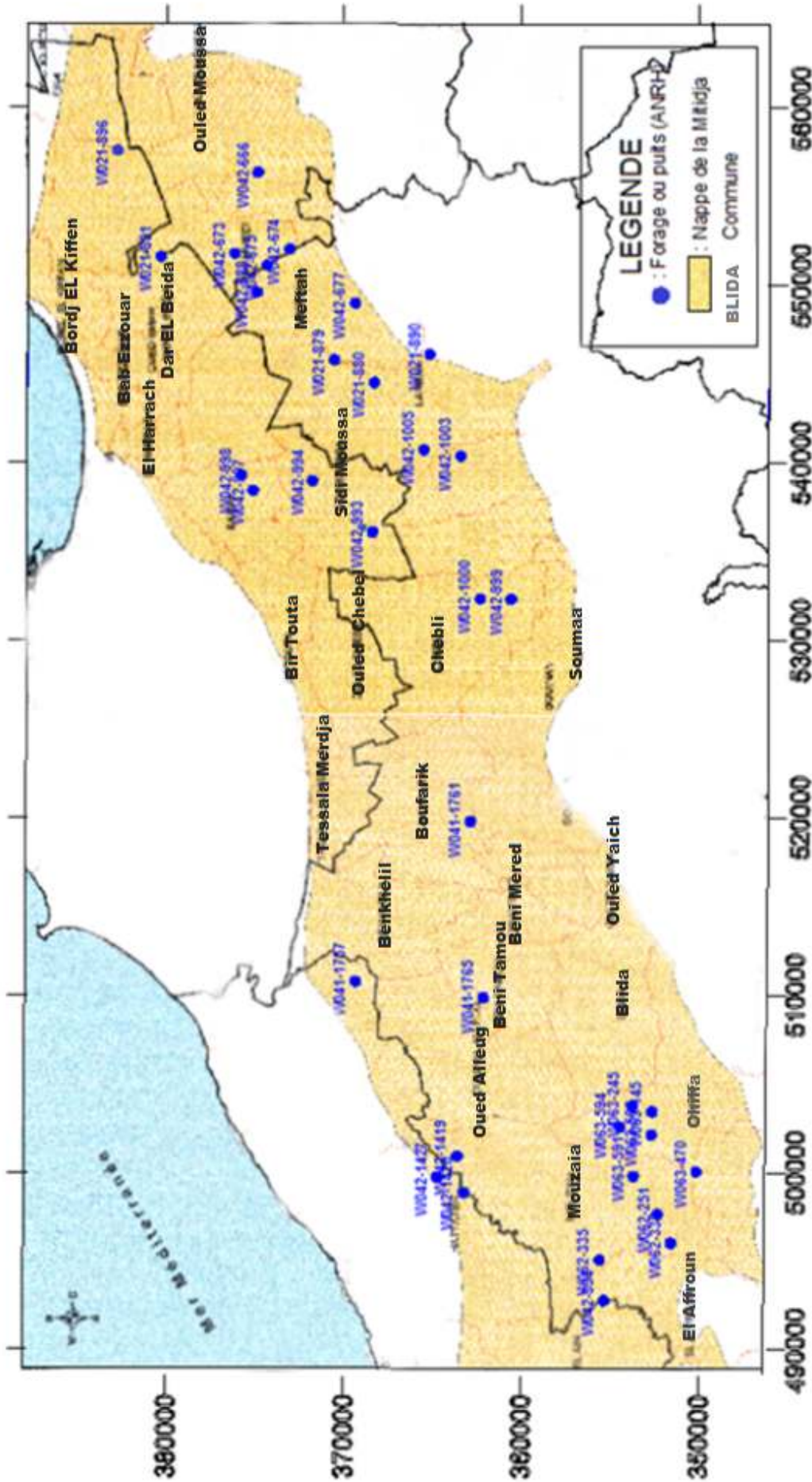


Fig. n°20 : Points de prélèvement indiquant l'emplacement des 35 forages dans la plaine

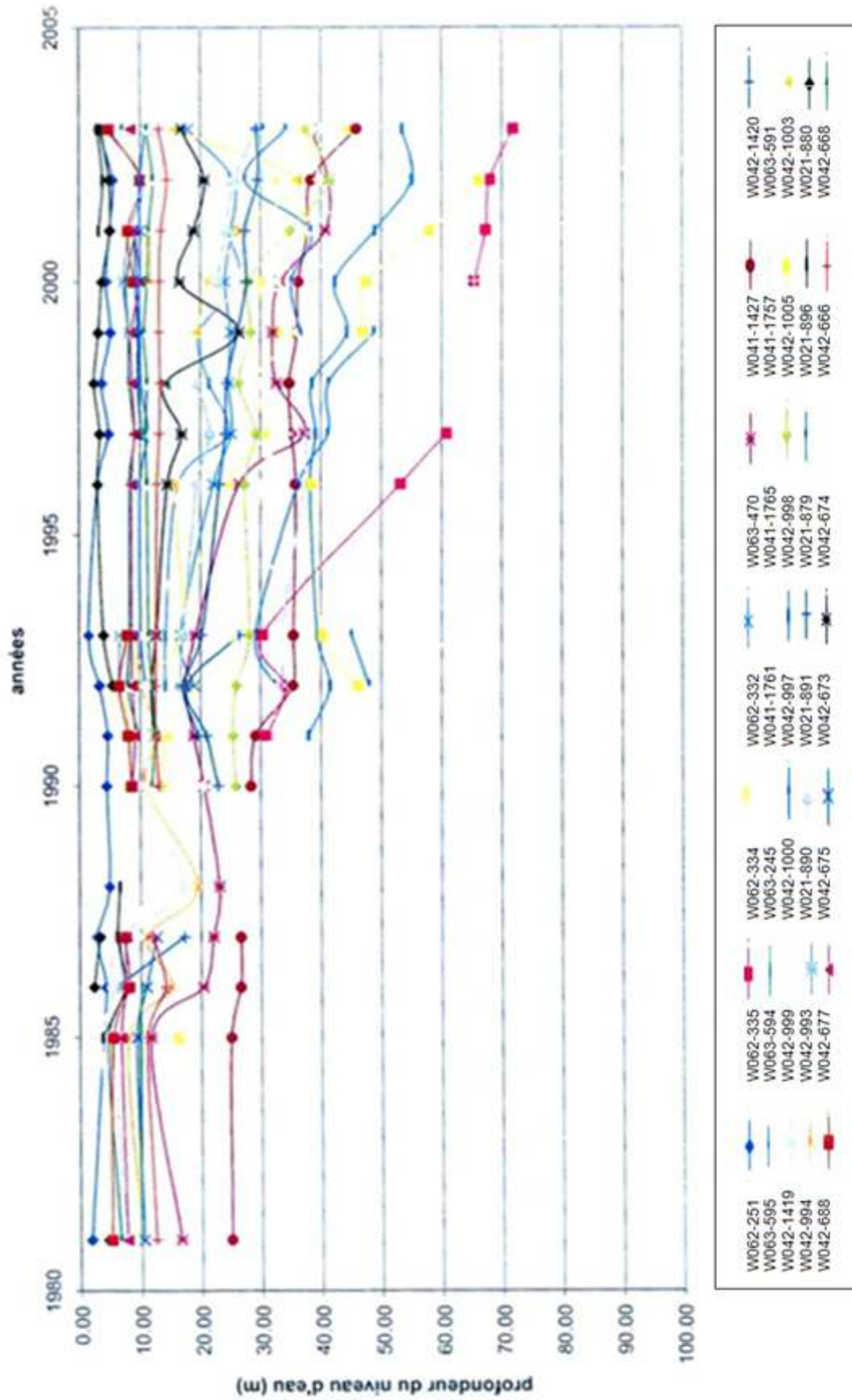


Fig.21 : Evolution des niveaux piézométriques de 35 forages dans la plaine de la Mitidja

IV.2.5 Les ressources mobilisées

- Eaux souterraines

Les ressources souterraines contribuent à la satisfaction des besoins de l'alimentation en eau potable (AEP), des populations ; de l'industrie (I) et de l'irrigation. Des forages alimentent directement ou par l'intermédiaire d'adductions la wilaya d'Alger et une partie de la wilaya de Boumerdes.

La zone d'étude recèle des potentialités de 307 hm³/an, cependant les prélèvements s'élèvent à 318,2 hm³/an, (Tab.35 et 36).

Tableau n°35 : Prélèvements pour l'irrigation par système aquifère

Wilaya	Systèmes aquifères	Prélèvement pour l'irrigation par système aquifère
		(hm ³ /an)
Alger	Astien et Quaternaire	22
Boumerdes	Quaternaire	11.4
Blida	Quaternaire	38.4
Tipaza	Quaternaire	15.8
Total		87,6

Tableau n°36 : Prélèvements pour l'AEPI et l'irrigation par système aquifère

Wilaya	Systèmes aquifères	Prélèvement pour l'AEPI et l'irrigation par système aquifère
		(hm ³ /an)
Alger	Astien et Quaternaire	65.9
Alger	Formations dunaires du sahel	
Boumerdes	Quaternaire	39.1
Blida	Quaternaire	131.3
Tipaza	Quaternaire	81.9
Total		318.2

Source : DMRE/MREE 2011

- Ressources en eau superficielles

Barrages, retenues collinaires

La zone d'étude compte:

- 6 grands barrages (Keddara, Beni Amrane, El Hamiz, Boukerdane, Meurad et Bouroumi) d'une capacité totale de 468 hm³.
- 6 petits barrages d'une capacité 10,74 hm³,
- 45 retenues collinaires d'une capacité totale de 4,6hm³ (fig.n°22).

IV.3 Piézométrie

Les campagnes piézométriques d'avril et de septembre 2010 (hautes et basses eaux), montrent que les eaux des deux aquifères s'écoulent du Sud vers le Nord. Les gradients hydrauliques diminuent en aval (figure n°23 et 24).

On remarque aussi, que les isopièzes convergent vers les principaux exutoires de chaque aquifère. La présence de champs de captage influencent les écoulements souterrains tels que les champs de captage de Boueah, Haouch flit, Mazafran I et II..etc.

En faisant la comparaison entre ces cartes piézométriques et celles des années soixante dix, on remarque clairement que depuis, le niveau des deux aquifères a accusé une baisse très importante variant de 0,6 à 20 m, surtout près des champs de captage [13], ceci s'explique d'une part par l'accroissement de la population induisant de plus grands prélèvements d'eau et d'autre part par la sécheresse qui a touchée la région au début de cette décennie.

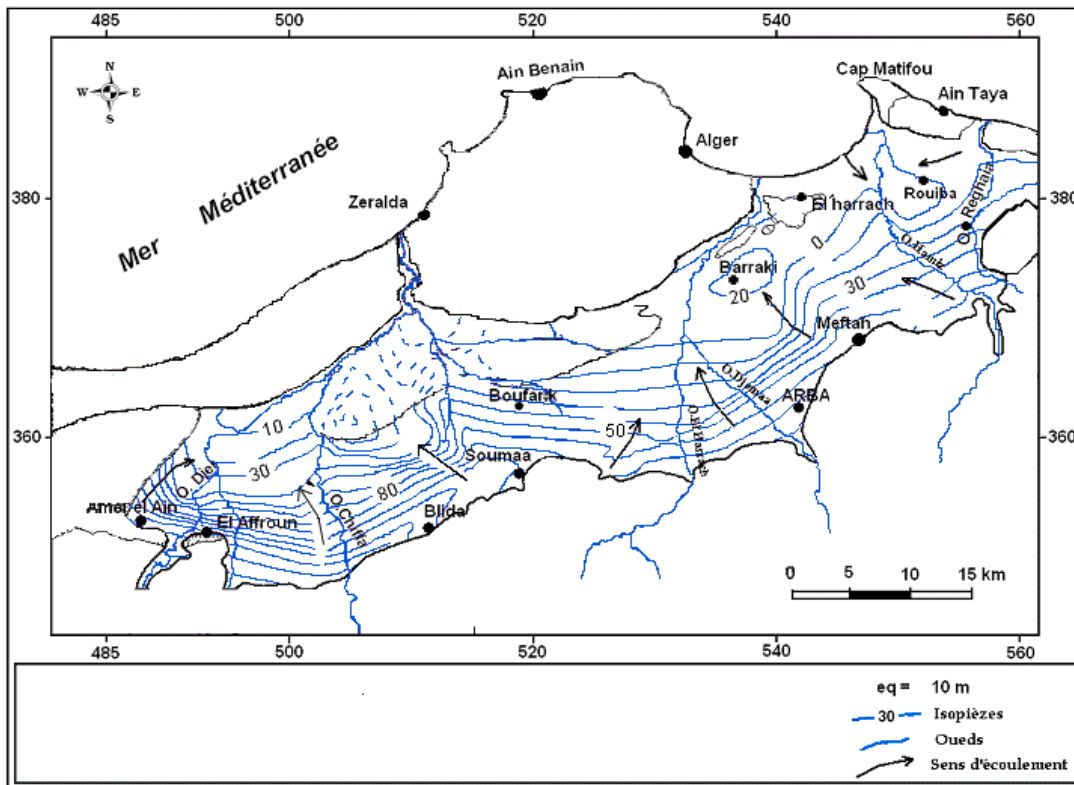


Fig.23 : Carte piézométrique de la plaine de la Mitidja (ANRH :hautes eaux, 2010)

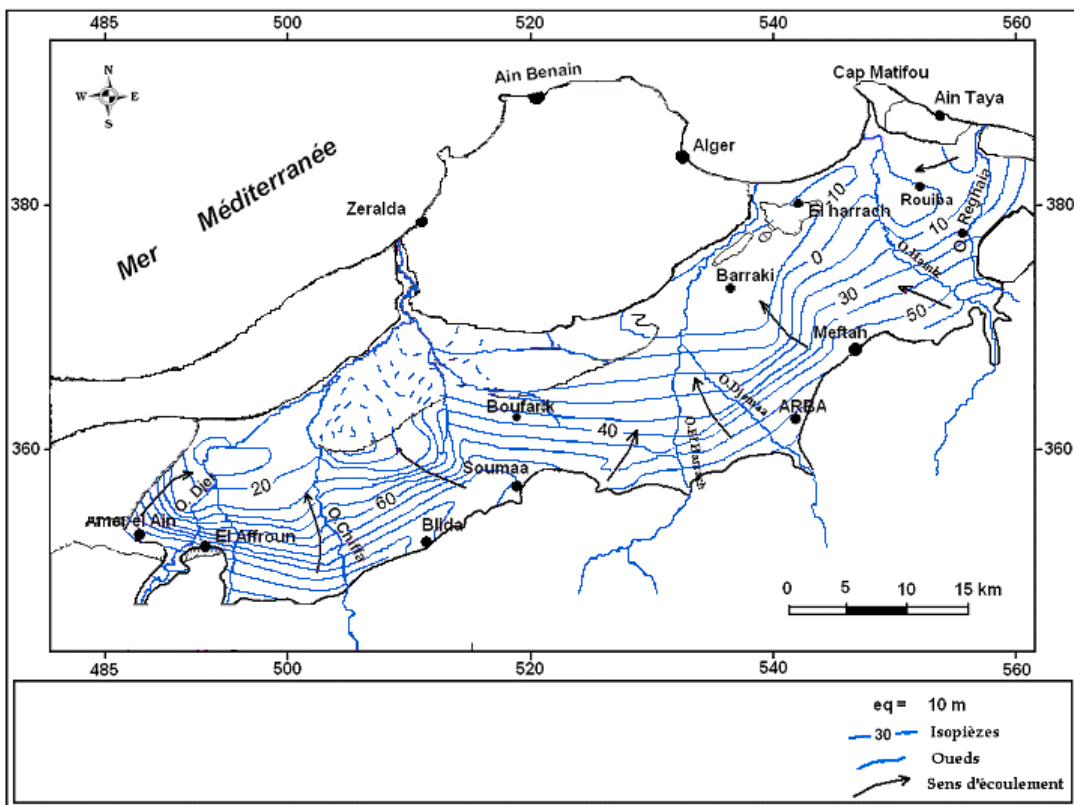


Fig.24 : Carte piézométrique de la plaine de la Mitidja (ANRH :basses eaux, 2010)

IV.4 Discussion et commentaires

La Mitidja est formée de deux réservoirs aquifères à savoir : celui de l'Astien et du quaternaire séparés par la formation d'El Harrach, sauf dans la partie Est où ils sont en contact direct.

- L'aquifère de l'Astien (Calcaire-gréseux) se trouve en charge sous la formation d'El Harrach. Ses caractéristiques hydrodynamiques sont mal connues.
- L'aquifère alluvial contient une nappe d'eau libre sauf dans le bas du Mazafran où elle est captive. Les Transmissivités sont importantes ; surtout dans la partie Est.

Les transmissivités sont globalement assez bonnes, mais parfois variables en raison de la diversité de la nature lithologique et de la géométrie de l'aquifère.

La nappe alluviale connaît une surexploitation très visible due à l'extension des champs de captages et à la sécheresse, qui sévit depuis fort longtemps. Beaucoup d'études ont mis en évidence le déficit entre les apports et les prélèvements, ce qui a causé une baisse significative des niveaux piézométriques qui ont atteint 40 m surtout dans la partie ouest de la Mitidja.

Ce rabattement de la nappe est la conséquence directe de son exploitation intensive afin de répondre aux besoins d'une démographique importante, d'une industrialisation et des apports ne compensant pas le déficit des années sèches. Ce phénomène de rabattement est observé malgré la mise en œuvre de nouvelles ressources pour satisfaire la demande par la construction de barrages, de retenues collinaires et de la mobilisation de ressources non conventionnelles comme le dessalement.

Conclusion

Aux portes de la capitale, La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie. Au Nord, elle est isolée de la Mer par la ride du Sahel, que seuls les oueds les plus importants réussissent à traverser, formant des cluses .morphologiquement, la plaine est comprise dans un encadrement de montagnes, constituant une vaste carène dissymétriques au fond plat et incliné, ce plan est particulièrement net dans la partie centrale sur une lisière méridionale. Quant aux oueds qui prennent leurs sources dans l'Atlas, ils traversent perpendiculairement la plaine avant de se jeter à l'aval dans la mer méditerranéenne.

Cette partie constitue une présentation de la région d'étude qui revêt une importance stratégique compte tenu de son plan socio-économique, de son étendue et de sa relative complexité, cette zone a bénéficié très tôt des techniques les plus avancées en matière de prospections et d'études.

L'examen des résultats de cette partie nous a permis de visualiser les caractéristiques de cette région, les ressources en eau disponibles, notamment la demande qui sévit et la pression sur la ressource qui existe, ce qui a conduit à sa surexploitation surtout l'eau souterraine.

Cette étude constituera certainement une ébauche ou assise qui sera exploitée lors des prochains chapitres, pour mieux comprendre la qualité, le chimisme et la vulnérabilité de cette ressource.

Partie (II) :

Qualité et pollution des eaux de la Mitidja

chapitre 01

Qualité et pollution des eaux superficielles

I.1 Introduction

L'étude du chimisme et pollution des eaux superficielles joue un rôle très important pour avoir une idée sur la qualité et les concentrations des eaux de surfaces en différents éléments chimiques, aussi vu leurs étroite relation avec les eaux souterraines. Ainsi cette étude permettra de mieux connaître les zones qui risquent de polluer la nappe et d'influer sur sa vulnérabilité.

Dans ce chapitre nous allons nous atteler à définir la qualité chimique et les nuisances que causent la pollution sur les eaux de surfaces, nous illustrerons ce phénomène par des exemples d'analyses effectuées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) et l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD).

En effet, l'ANRH dispose d'un réseau de surveillance national, établi en 1984, qui permet aujourd'hui d'effectuer toutes les mesures nécessaires pour évaluer la qualité des eaux de surface dans les barrages et sur les principaux oueds.

Afin d'estimer la qualité des eaux, nous avons utilisé les résultats des campagnes d'analyses effectuées sur deux périodes de 10 ans allant de 1984 à 1993 et de 1998 à 2010.

Nous avons également procédé au suivi spatio-temporel de l'évolution de leur chimisme.

I.2 stations de mesure

Le tableau suivant représente les caractéristiques des stations de surveillance, de la qualité des eaux de surface, situées sur les principaux Oueds de la zone d'étude.

Tableau n°37: Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles

Code	Nom de la station	Oued	Coordonnées	
			X	Y
02 06 03	Hamiz	Hamiz	3° 20' 32"	36° 35' 56"
02 06 46	Béni amrane	Boudouaou	3° 36' 24"	36° 39' 24"
02 06 45	Keddara	Boudouaou	3° 24' 04"	36° 39'16"
02 14 18	Baraki	El Harrach	3° 5' 96"	36° 41' 08"
-	Marais de Réghaïa	-	3° 19' 86"	36° 46' 26"
020329	Boukerdane	O. Hachem	2° 16' 27"	36° 31' 51 "
021010	Bouroumi	O.Chiffa	2° 33' 25"	36° 23' 20 "

I.3 Altérations et paramètres

Les altérations sont des groupes de paramètres de même nature ou de même effet permettant de décrire les types de dégradations de la qualité de l'eau.

Le tableau ci-dessous présente les principaux paramètres retenus pour chacune d'elles :

Tableau n°38: Paramètres retenus pour chaque altération

Altérations	Paramètres
Matières organiques et oxydables	O ₂ Dissous, DCO, DBO5 et MO
Matières azotées	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻
Nitrates	NO ₃ ⁻
Matières phosphorées	PO ₄ ³⁻
Paramètres physico-chimiques	PH, Conductivité et Turbidité

Valeurs guides et définitions

pH (potentiel hydrogène) : Logarithme négatif de l'activité molaire des ions hydrogène. L'échelle des PH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcaline).

RS (résidus secs) : Exprime la mesure de la salinité ou minéralisation d'une eau en mg/l.

O₂ Dissous : Exprime la concentration en mg/l d'oxygène dissous.

NH₄⁺ (Ammonium) : Exprime la concentration en mg/l d'ammonium.

NO₂⁻ (Nitrites) : Exprime la concentration en mg/l de nitrites.

NO₃⁻ (nitrates) : Exprime la concentration en mg/l de nitrates.

PO₄³⁻ (phosphates) : Exprime la concentration en mg/l de phosphates.

DBO₅ (demande biochimique en oxygène pour 5 jours) : indique la consommation d'oxygène par les micro-organismes pour dégrader les matières organiques biodégradables.

MO (matières organiques) : Mesure l'oxydation chimique des matières organiques par le permanganate de potassium (KMnO₄) ou un autre oxydant.





DCO (demande chimique en oxygène) : Quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation énergétique des matières organiques.

La qualité d'une eau dépend de ces nombreux paramètres physico-chimiques et chimiques (tableau n°39). On attribue à une eau la qualité qui est donnée par le paramètre mesuré le plus défavorable, de ce fait on distingue :

- Excellent : elle caractérise des eaux exemptes de polluants et aptes à satisfaire toutes exigences des utilisateurs;
- Bon : c'est une eau de moindre qualité capable de satisfaire tous les utilisateurs ;
- Passable : Satisfaisante pour la production d'eau potable après traitement poussé, usage industriel, irrigation et l'abreuvement du cheptel ;
- Médiocre : seul l'utilisation de cette eau à des fins d'irrigation est tolérée;
- Pollution excessive : eaux dépassant la valeur maximale tolérée pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptes à la plus part des usages et peuvent constituer une menace pour la santé et l'environnement

Tableau n°39 : Grille de qualité des eaux de surfaces utilisée par l'ANRH

Désignation	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise
PH (*)	6.5-8.5	6.5-8.5	8.5-9	>9 et <6.5
O ₂ Dissous %	100-90	90-50	50-30	<30
NH ₄ ⁺ mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO ₂ mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO ₃ mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
PO ₄ ³⁻ mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
DBO ₅ mg/l	<5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	<20	20-40	40-50	>50
MO mg/l	<5	5-10	10-15	>15
RS mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

-  Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière
-  Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement
-  Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé
-  Pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques

I.4 Qualité des eaux de barrages

On distingue 5 barrages dans la zone d'étude, il s'agit de Keddara, du Béni Amrane, de Boukerdane, du Bouroumi et d'El Hamiz, ce dernier est exclusivement utilisé pour des fins d'irrigation.

Au niveau de chaque barrage il existe une station de surveillance, pour le suivi de la qualité des eaux, ces dernières font l'objet d'un suivi continu avec une fréquence de prélèvement hebdomadaire ou mensuelle. Pour le présent travail nous avons choisi la fréquence mensuelle avec une profondeur de prélèvement de 0,5 m.

I.4.1 Barrage de Keddara

Le barrage de Keddara mis en service en 1987 est situé dans la wilaya de Boumerdes à 8 Km au Sud de Boudouaou et à 50 Km à l'Est d'Alger. Il ferme la vallée de l'oued Boudouaou à 300 m à l'aval de la confluence des oueds Keddara et El Haad. D'une capacité initiale de 145 Hm³, il est alimenté par les affluents des oueds Boudouaou, Isser, d'une partie des eaux du barrage Hamiz et de celles du barrage de Beni Amrane. Ce barrage alimente les villes d'Alger et de Boumerdes en eau potable.

I.4.1.1 paramètres physico-chimiques

- **PH** : la détermination du pH constitue la mesure de la concentration des ions H⁺ dans l'eau. La valeur du pH doit être comprise entre 6,5 et 9 selon les normes Algériennes. L'examen du tableau n°41, montre que le PH varie de 6,7 à 8,3 pour la période (1984-1993) et de 7,04 à 8,6 de (1998-2010) ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : la conductivité électrique des eaux dépend de la présence des ions. Sa détermination est importante car elle permet de faire des déductions quant aux teneurs en substances dissociées dissoutes. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau, selon la grille suivante :

Cond < 100 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation très faible
100 < Cond < 200 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation faible
200 < Cond < 333 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation moyenne accentuée
333 < Cond < 666 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation moyenne
666 < Cond < 1000 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation importante
Cond > 1000 $\mu\text{s/cm}$:	minéralisation excessive

L'examen des résultats durant la période (1984-1993), révèle une minéralisation qui oscille de moyenne accentuée à excessive, quant à la période (1998-2010) on passe d'une minéralisation moyenne à excessive, (tableau n°41).

➤ Turbidité

La turbidité est due aux substances minérales et organiques en suspension, on y trouve aussi des hydroxydes de fer ou de manganèse, ainsi que des bactéries et du plancton.

L'exploration des résultats du tableau n°40 montre que les valeurs oscillent entre **0,75** à **140** NTU pour la période (1984-1993) et de **0** à **38** NTU pour la période (1998-2010), ces valeurs dépassent pratiquement tout le temps la limite de **02** NTU fixé par les normes d'eau brutes destinées à la potabilisation. .

Tableau n°40 : paramètres physico-chimiques pour le barrage de Keddara

Station (code 02.06.45) Oued Keddara	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Turbidité (NTU)
Min	1984- 1993	6,7	230	0,75
Moy		7,8	663	62,01
Max		8,3	1940	140
Min	1998- 2010	7	350	0
Moy		7,89	840	3,93
Max		8,6	1600	38

I.4.1.2 paramètres chimiques

Les sels minéraux dissous sont abondants, on se focalisera sur les huit éléments les plus importants, pour les cations à savoir : Calcium, Magnésium, Sodium et Potassium et les anions : Sulfates, Nitrates, Carbonates et Chlorures et ce, pour pouvoir établir la balance ionique de l'eau analysée.

Les différentes concentrations minimales et maximales sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°41: concentrations minimales et maximales des macro-éléments pour le barrage de Keddara

Station (code 02.06.45) Oued Keddara	Période	Min-Max (mg/l)	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique				
Calcium (Ca)	1984-1993	23-740	1998-2010	43-123
magnésium (Mg)		14-85		23-96
sodium (Na)		8-45		22-120
potassium (K)		0-8		0-7
chlorure (Cl)		10-130		26-223
sulfates (SO ₄)		20-173		155-390
Nitrates (NO ₃)		0-25		0,15-11
Bicarbonates (HCO ₃)		-		6,5-247

➤ Cations

Le calcium et le magnésium, sont les principaux facteurs de dureté des eaux.

La teneur de (Ca) varie de **23** à **740** mg/l en période (1984-1993) et de **43** à **123** mg/l en période (1998-2010), on assiste épisodiquement à des dépassements des normes, en effet La réglementation Algérienne indique un niveau guide de 200 mg/l et une valeur maximale de **500** mg/l.

La concentration de (Mg) oscille de **14** à **85** mg/l en période (1984-1993) et de **23** à **96** mg/l en période (1998-2010), surpassant ainsi la limite de **50** mg/l fixée par la réglementation en vigueur.

La teneur de (k) varie de **0** à **8** mg/l en période (1984-1993) et de **0** à **7** mg/l en période (1998-2010), inférieur à la limite de **12** mg/l arrêter par les normes.

La concentration de (Na) oscille de **8** à **45** mg/l en période des (1984-1993) et de **22** à **120** mg/l en période (1998-2010), franchissant la limite fixée à **100** mg/l.

➤ Anions

La teneur de (NO₃) varie de **0** à **25** mg/l en période (1984-1993) et de **0,15** à **11** en période (1998-2010), valeurs inférieures aux normes d'eau brutes destinées à la potabilisation (<**50** mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **20** à **173** mg/l en période (1984-1993) et de **155** à **390** mg/l en période (1998-2010), par contre sur cette dernière période on assiste souvent à un dépassement de la limite de **250** mg/l, fixée par les normes.

La teneur de (HCO₃) varie de **6,5** à **247**mg/l en période (1998-2010), cet élément chimique ne possède pas de restrictions.

La teneur de (Cl) varie de **10** à **130** mg/l en période (1984-1993) et de **26** à **233** mg/l en période (1998-2010), il est a noté que juste quelques rares valeurs dépasse la limite fixée par la norme guide de **200** mg/l.

Conclusion : on remarque que presque tous les cations et anions sont présents à des teneurs dépassant les normes en vigueur, ce qui nous renseigne sur la dureté de ces eaux et la présence d'une salinité notable.

I.4.1.3 paramètres de pollution

➤ **matières organiques et oxydables**

Ce type de pollution est très répandu dans les effluents, les origines de cette pollution sont diverses. Les principales sont : les rejets urbains, les industries agro-alimentaires et agricoles (laiteries, abattoirs..etc).

Les paramètres étudiés pour qualifier les matières organiques et oxydables sont : (O_2 Dissous, DCO, DBO5 et MO).

➤ **matières azotées**

D'après la grille de qualité de l'ANRH deux paramètres sont concernés, il s'agit de l'ammonium (NH_4) et des nitrites (NO_2).

➤ **Nitrates**

Les valeurs maximales tolérées pour la potabilité sont fixé à 50 mg/l et ce, en vue de leurs incidences sur la santé, les valeurs des nitrates sont toujours en dessous de cette limite.

Les résultats d'analyse de ces paramètres sont représentés dans le tableau suivant (tableau n°43).

Des représentations graphiques de ces résultats ont été réalisées (figures n°25 à 28).

Tableau n°42: paramètres de pollution pour le barrage de Keddara

Paramètres Années	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
1984	96,85	12,5	1,4	2,58	0,041	0,034	5,875	-
1985	78,13	6,36	1,19	2,68	0,056	0,039	11,55	-
1986	78,86	11,3	1,14	4,75	0,014	0,087	4,375	-
1987	80,59	7	0,54	1,8	0,0218	0,031	2,364	-
1988	80,64	6,67	0,988	2,475	0,09	0,044	3,833	0,07
1989	79,33	10,54	1,04	3,06	0,072	0,032	4,228	-
1990	77,41	19,1	1,087	1,38	0,153	0,017	5,364	0,037
1991	70,72	19	1,158	1,763	0,297	0,027	8,091	0,1
1992	76,89	11,8	1,206	3,144	0,179	0,035	4,636	0,04
1993	72,35	19,2	1,178	2,875	0,1333	0,032	7,75	0,016
1994-1997 (pas de données)								
1998	25	14	1,383	5,57	0,25	0,04	2,5	0,247
1999	92	21,7	2,033	5,15	0,07	0,02	3,273	0,19
2000	92	23,7	1,083	5,29	0,05	0,07	2,948	0,06
2001	88	24,9	1,791	5,57	0,35	0,26	5,568	0,083
2002	94	27,3	1,983	6,65	0,58	0,42	3,219	0,249
2003	94	15,2	1,9	4,62	0,08	0,06	8,669	0,067
2004	85	16,5	1,683	4,58	0,33	0,04	7,298	0,048
2005	86	20,1	1,458	5,03	0,31	0,03	5,788	0,018
2006	85	17,3	1,882	4,59	0,25	0,03	6,377	0,066
2007	87	16,3	1,555	3,33	0,22	0,09	5,59	0,036
2008	75	11,65	1,49	3,48	0,09	0,03	5,51	0,14
2009	79	21,27	2,53	3,33	0,08	0,02	3,62	0,23
2010	76	8,23	2,82	4,48	0,06	0,03	1,91	0,07

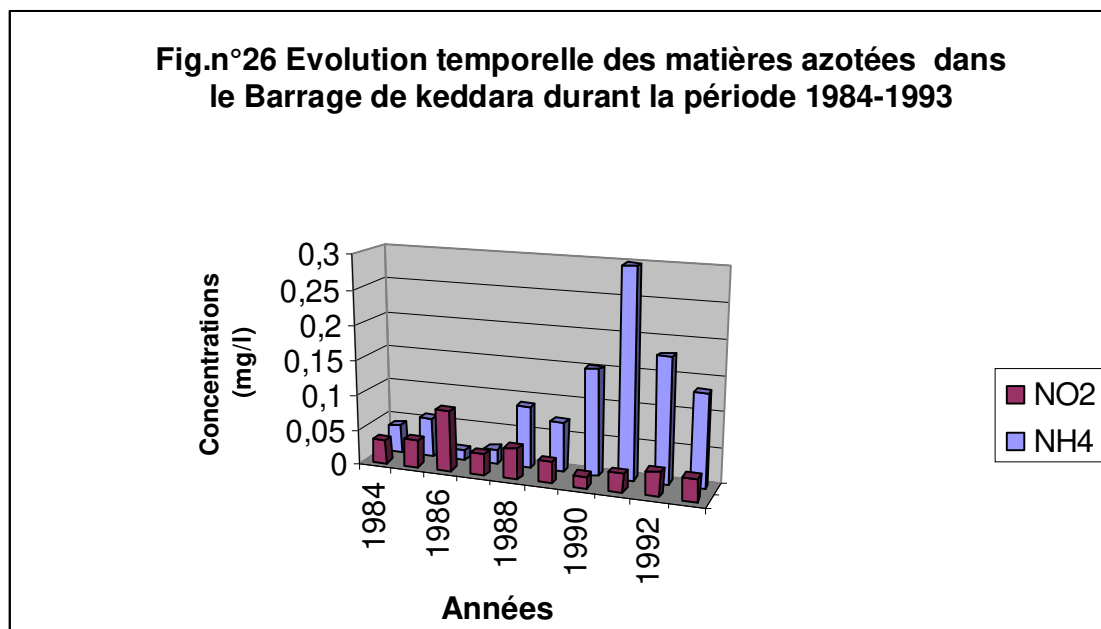
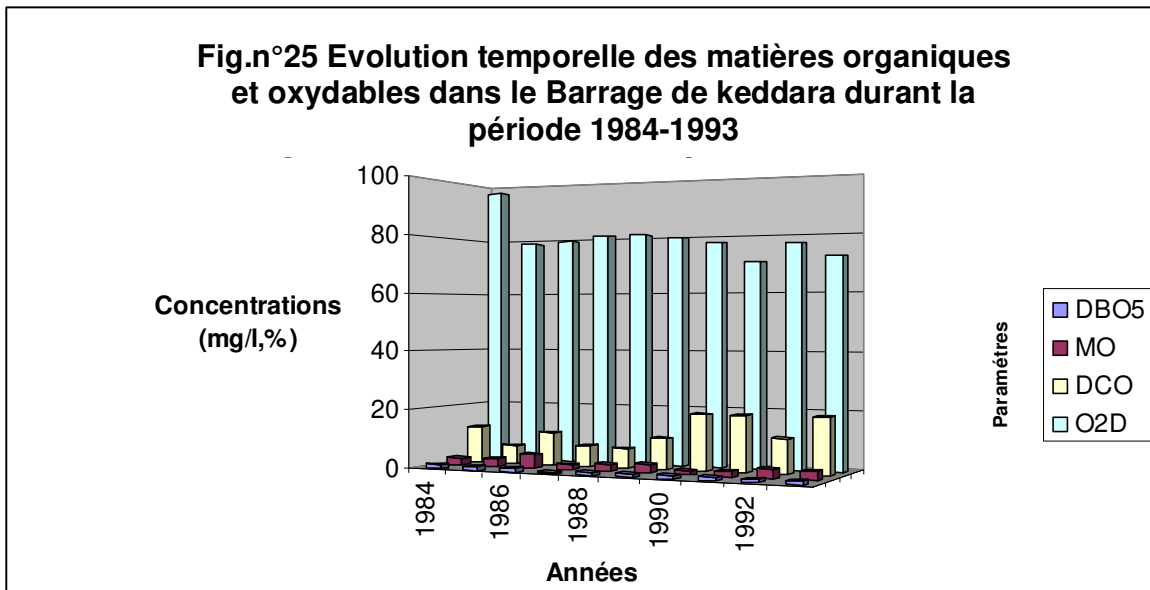


Fig.n°27 Evolution temporelle des matières organiques et oxydables dans le Barrage de keddara durant la période 1998-2010

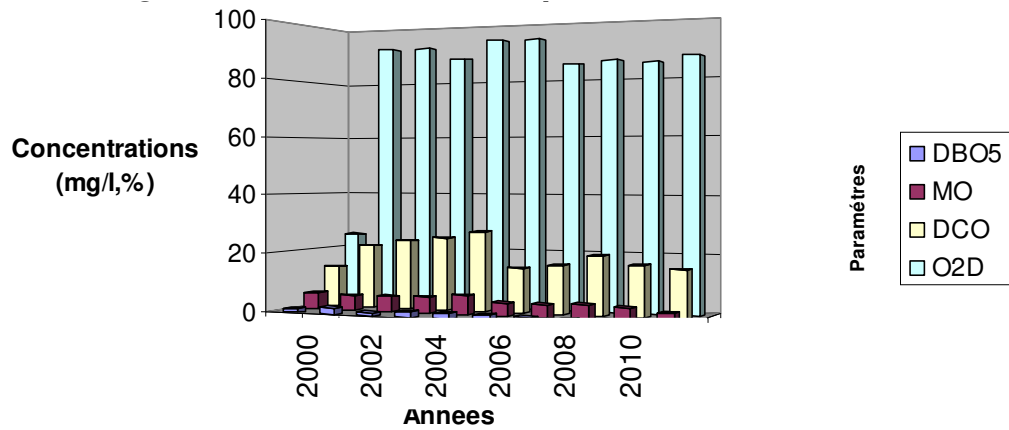
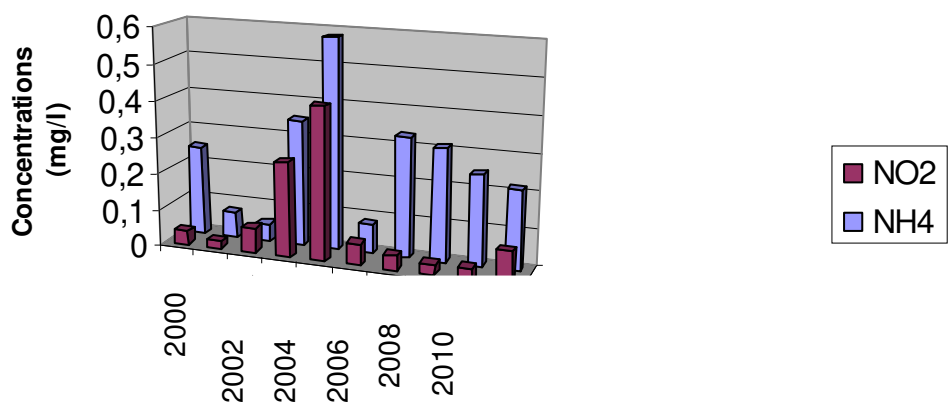


Fig.n°28 Evolution temporelle des matières azotées dans le Barrage de keddara durant la période 1998-2010



L'examen des graphiques ci-dessus et du tableau n°42, révèle ce qui suit :

➤ **De 1984 à 1993**

Si on se réfère à la grille de la qualité de l'ANRH, en cette période hormis l'année 1984 où la qualité en oxygène est bonne, les autres années la qualité reste tout le temps moyenne, variant de 70,72% à 96,85%.

Les teneurs en DCO et DBO₅ restent bonne pour toute la durée étudiée, variant respectivement de 6,36 à 19,2 mg/l et de 0,54 à 1,21 mg/l.

Les teneurs en matières azotés (NH₄ et NO₂) restent moyenne (variant respectivement de 0,014 à 0,09 mg/l et de 0,03 à 0,004 mg/l) et ce, depuis 1984, par contre à partir de 1990 cette qualité se détériore et devient mauvaise (dans la plage 0,1 à 3 mg/l de la grille de la qualité).

La concentration en nitrates est bonne pour toute la période étudié, variant de 2,36 à 8,09 mg/l, à l'exception de l'année 1985 où la qualité devient moyenne avec 11,55 mg/l.

Les concentrations en phosphates PO₄ sont moyennes tout le temps, variant de 0,016 à 0,07 mg/l, sauf en 1991 où le taux rentre dans la fourchette (0,1-3 mg/l), ce qui est un indice de mauvaise qualité phosphaté.

➤ **De 1998 à 2010**

Les eaux analysées présentent une qualité en oxygène moyenne à bonne (75 à 92%).

La teneur en DCO oscille, au fil des années, entre moyenne et bonne (15,2 à 27,3 mg/l). Cependant, il a été constaté une nette amélioration de la qualité de ce paramètre durant l'année 2003. Par contre concernant la DBO₅ elle est toujours bonne (≤ 5 mg/l).

Une mauvaise qualité azotée (NH₄ et NO₂), variant respectivement de 0,05 à 0,58 mg/l et de 0,02 à 0,42 mg/l est constatée. Durant l'année 2002 on atteint même des valeurs exceptionnelles respectives de 0,58 et 0,42 mg/l, ces teneurs sont dues à l'oxydation des matières azotées.

Pour les NH₄, on assiste à une qualité qui passe de moyenne à mauvaise en variant de 0,05 à 0,58 mg/l. Pour le NO₂ la qualité reste moyenne pour toutes les années et varie de 0,02 à 0,09 mg/l à l'exception des années 2001 et 2002 où la qualité devient mauvaise.

La concentration en nitrates est bonne pour toute la période étudiée (1,91 à 8,67 mg/l).

Les concentrations en phosphates PO₄ au cours des années 2002 et 2008 sont élevées (0,23 et 0,249, mg/l). À l'exception de ces années cette qualité est moyenne (0,018 à 0,083 mg/l), cette dégradation en matière phosphorée s'explique par une contamination externe (rejets des eaux usées).

Conclusion : compte tenu de ce qui précède, on peut conclure pour le barrage de Keddara, que la qualité des matières organiques et oxydables est moyenne à bonne, quant aux matières azotées la qualité est de mauvaise à moyenne.

La concentration des nitrates est bonne durant toute la période étudiée, cependant la qualité en matières phosphatés oscille de mauvaise à moyenne.

I.4.2 Barrage de Beni Amrane

C'est un barrage prise situé à 5 Km environ à l'amont de la ville de Thenia, dans la wilaya de Boumerdes. Il est établi sur l'oued Isser, au Nord Est de Beni Amrane. D'une capacité de 13,1 hm³, il est conçu de manière à fournir un stockage de l'oued Isser afin de faciliter le pompage d'eau brute vers le Barrage de Keddara et, éventuellement, directement à la station de traitement de Boudouaou. Ce barrage a été rehaussé en 2004.

I.4.2.1 paramètres physico-chimiques

- **PH** : L'examen du tableau n°43, montre que le PH varie de **6,4** à **8,7** pour la période de 1984 à 1993 et de **7,2** à **8,3** pour la période de 2007 à 2010 ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : L'investigation des résultats durant les périodes 1984 à 1993 et de 2007 à 2010, révèle que les valeurs de conductivité passe d'une minéralisation moyenne à excessive.
- **Turbidité** : l'exploration des résultats montre que les valeurs oscillent entre **1,2** à **92** NTU pour la période de 1984 à 1993, dépassant très souvent les normes européennes de **2NTU**.

Tableau n°43: paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Beni Amrane

Station (code 02.06.46) Beni Amrane	Période	PH	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)
Min	1984- 1993	6,4	560	1,2
Moy		7,82	1366	14,88
Max		8,7	2600	92
Min	2007- 2010	7,2	600	-
Moy		7,71	1246	-
Max		8,3	1910	-

I.4.2.2 paramètres chimiques

Les différentes concentrations minimales et maximales des macro-éléments sont notées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°44: concentrations minimales et maximales des sels dissous pour le barrage de Beni Amrane

Station (code 02.06.46) Beni Amrane	Période	Min-Max (mg/l)	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique				
Calcium (Ca)	1984- 1993	8-200	2007- 2010	57-162
magnésium (Mg)		17-158		-
sodium (Na)		33-258		36-180
potassium (K)		0-8		1-10
chlorure (Cl)		50-550		20-240
sulfates (SO ₄)		133-580		135-550
Nitrates (NO ₃)		0-29		0-19
Bicarbonates (HCO ₃)		-		153-317

➤ **Cations :**

La teneur de (Ca) varie de **8 à 200** mg/l, valeurs inférieurs à celle du Barrage de Keddara pour la même période, même observation pour la période 2007-2010 (**57 à 162** mg/l), ces chiffres restent dans les normes.

La concentration de (Mg) oscille de **17 à 158** mg/l, valeurs supérieurs à celle du Barrage de Keddara pour la période 1984-1993 et dépassant la limite de **50** mg/l fixée par la réglementation en vigueur.

La teneur de (k) varie de **0 à 8** mg/l, valeurs similaires à celle du Barrage de Keddara pour la période 1984-1993 et inférieur à la limite fixée à **12** mg/l.

La concentration de (Na) oscille de **33 à 258** mg/l, valeurs supérieurs à celle du Barrage de Keddara pour la période 1984-1993 et surpassant la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ **Anions :**

La teneur de (NO₃) varie de **0 à 29** mg/l, valeurs similaires à celle du Barrage de Keddara pour la même période et inférieures aux normes d'eau brutes destinées à la potabilisation (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **133 à 580** mg/l, valeurs supérieurs à celle du Barrage de Keddara pour la période 1984-1993, dépassant très souvent les normes (>250 mg/l).

L'analyse de la teneur en (HCO₃) n'a pas été effectuée.

La teneur de (Cl) varie de **10 à 130** mg/l, valeurs supérieurs à celle du Barrage de Keddara pour la période 1984-1993 mais inférieures aux normes (< 200 mg/l).

Conclusion : même conclusion avec le barrage de Keddara, aussi en raison de l'interconnexion entre le barrage de beni amrane et keddara, nous avons jugé opportuns de voir l'influence qu'exerce l'un sur l'autre sur la même période.

I.4.2.3 paramètres de pollution

Ils sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau n°45: paramètres de pollutions pour le barrage de Beni Amrane

Paramètres Années	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
1984	99,17	8,33	2,533	6,26	1,18	0,522	7,75	0,238
1985	76,58	22,48	3,890	7,33	1,03	0,393	8,45	0,155
1986	93,31	16,67	2,855	5,97	0,68	0,186	7,92	0,149
1987	94,54	30,00	1,942	16,55	0,21	0,295	9,92	0,184
1988	84,93	20,85	2,730	6,73	0,05	0,114	2,67	0,078
1989	66,10	43,13	1,507	5,05	0,27	0,174	11,38	0,023
1990	61,75	36,67	5,100	7,57	0,50	0,245	7,17	0,052
1991	72,33	30,67	3,825	4,88	0,43	0,147	10,17	0,053
1992	81,37	18,57	1,729	4,84	0,56	0,158	11,00	0,09
1993	66,16	26,88	3,600	6,38	0,52	0,275	17,00	0,09
1994-2006 (pas de données)								
2007	87,31	37,44	5,88	4,47	0,99	0,28	5,04	0,25
2008	79,04	25,35	5,41	20,65	0,76	0,32	5,87	0,2
2009	75,16	20,51	3,63	7,01	0,38	0,41	4,98	0,25
2010	68,50	10,25	3	4,15	0,34	0,18	4,63	0,15

➤ De 1984 à 1993

L'examen des figures ci-dessous (figures n°29 et 30) et du tableau n°45, indique que durant les années : 1984, 1986 et 1987 la qualité des eaux du Barrage Beni Amrane est bonne en oxygène (90 à 100%), on assiste même à une saturation en 1984, par contre les autres années les concentrations restent moyennes (50 à 90%).

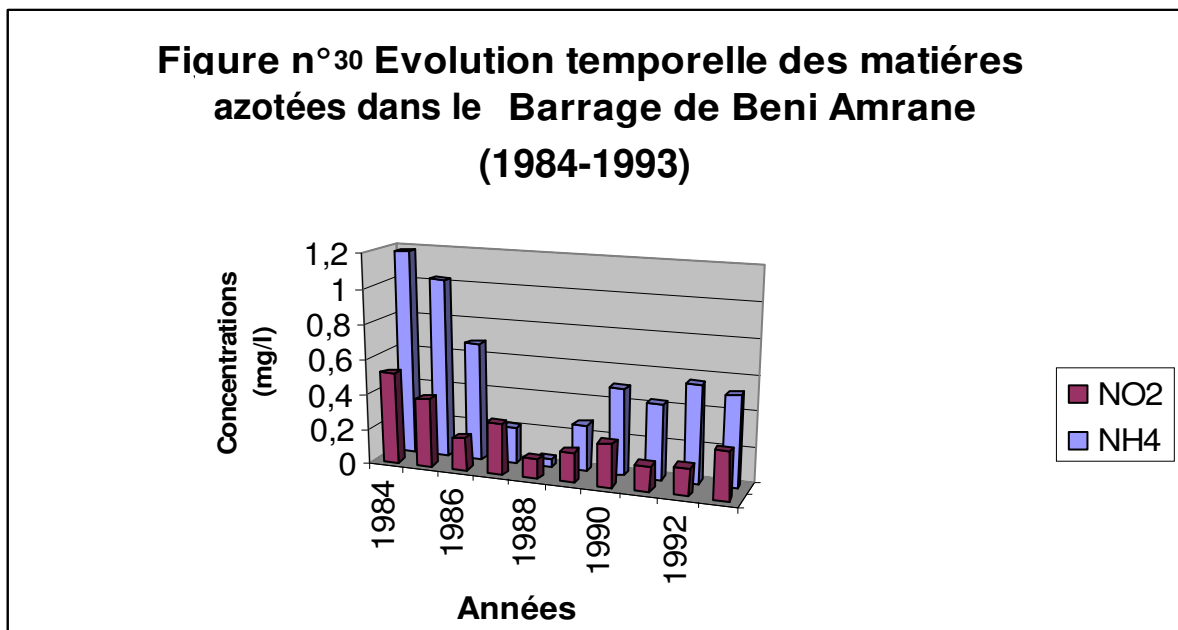
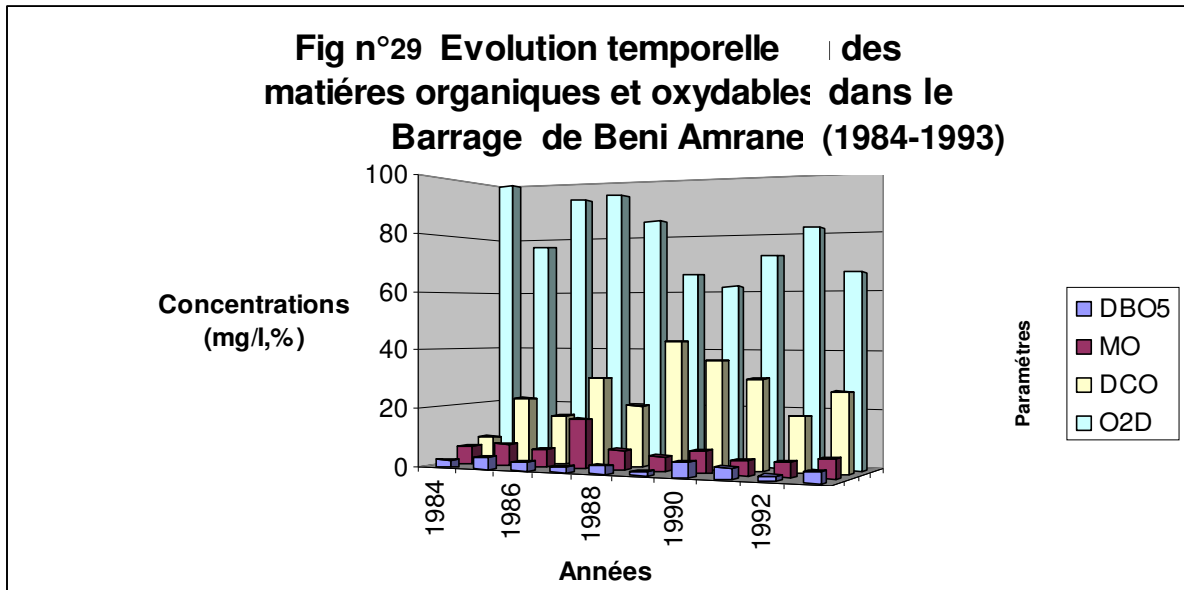
Les teneurs en DCO pendant les années 1984, 1986 et 1992 restent bonnes (<20mg/l) et varient de 20,85 à 36,67 mg/l, à l'exception de l'année 1989 (43,13 mg/l) où elle devient mauvaises.

Contrairement à la DCO, la DBO₅ reste bonne pour toute la durée étudiée (1,507 à 5,1 mg/l).

Les teneurs en matières azotés (NH₄ et NO₂), respectivement de 0,21 à 1,18 mg/l et de 0,186 à 0,522 mg/l, restent tout le temps mauvaises, seulement on observe que le taux de ces matières est en baisse et ce, jusqu'à l'année 1988. Au-delà on assiste à un accroissement progressif jusqu'à l'année 1992.

La concentration en nitrates est bonne pour la majorité des années étudiées (2,67 à 9,92 mg/l), à l'exception des années 1989, 1991 à 1993 où elle devient moyenne (>10 mg/l).

Les concentrations en phosphates PO₄ sont élevées (0,184 à 0,238 mg/l) et ce, jusqu'à l'année 1988 où on assiste à une amélioration de la qualité, elle devient en effet moyenne (0,023 à 0,078 mg/l).



➤ De 2007 à 2010

L'examen des figures ci-dessous (figures n°31 et 32) et du tableau n°47, indique que durant ces années la qualité des eaux en oxygène restent moyenne à bonne (50 à 90%).

Les teneurs en DCO varient de 20,51 à 37,44 mg/l sont de qualité moyenne, à l'exception de l'année 2010 où elles sont bonnes (10,25 mg/l), ceci est exactement la même remarque que sur le barrage de Keddara.

Contrairement à la DCO, la DBO₅ reste bonne pour toute la durée étudiée (3 à 5,88 mg/l), c'est aussi la même observation sur le barrage de Keddara.

Les teneurs en matières azotés (NH₄ et NO₂), (respectivement de 0,34 à 0,99 mg/l et de 0,18 à 0,41 mg/l), sont généralement mauvaises, par contre cette qualité est moyenne dans le barrage de Keddara.

La concentration en nitrates est bonne pour toutes les années étudiés (4,63 à 5,87 mg/l).

Les concentrations en phosphates PO₄ sont de qualité mauvaises avec des teneurs variant de 0,15 à 0,25 mg/l.

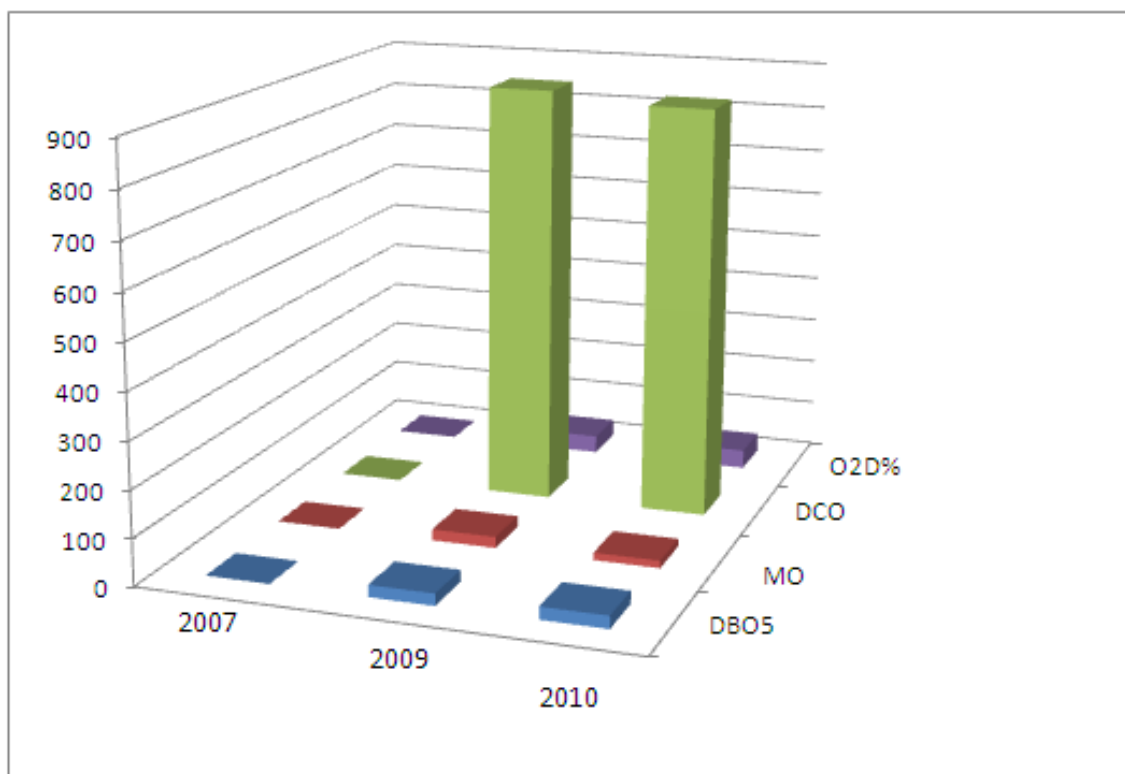


Fig. n°31 : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables dans le barrage de Beni Amrane durant la période 2007-2010

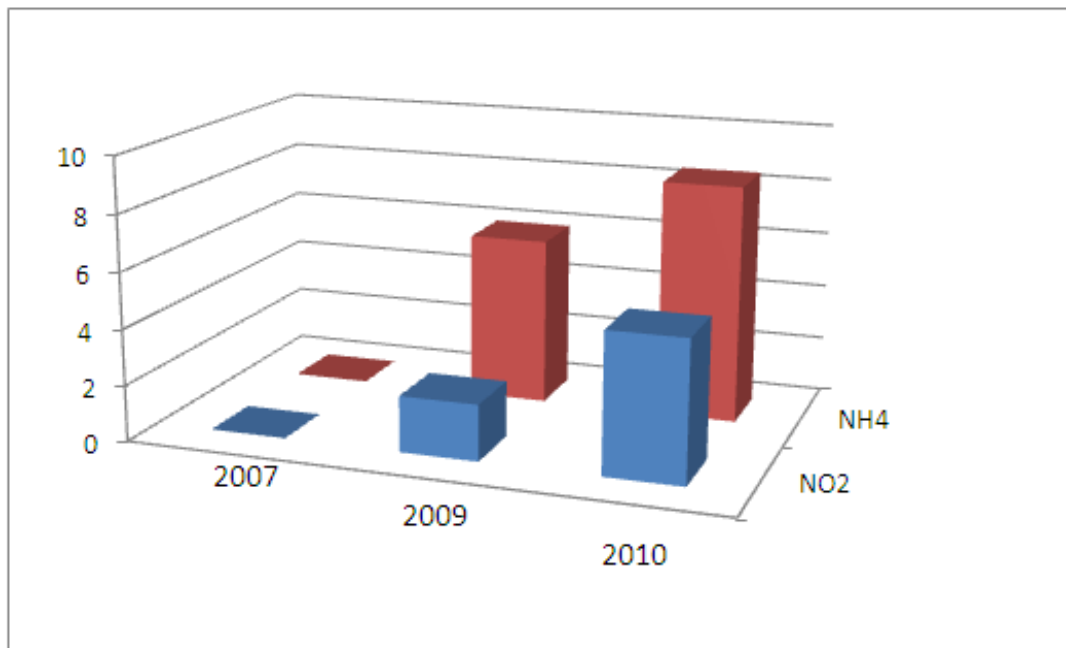


Fig. n°32 : Evolution temporelle des matières azotées dans le barrage de Beni Amrane durant la période 2007-2010

Conclusion :

Compte tenu de ce qui précède, on peut conclure pour le barrage de Beni Amrane, que la qualité des matières organiques et oxydables est moyenne à bonne, quant aux matières azotées la qualité est de mauvaise à moyenne.

La concentration des nitrates est bonne durant toute la période étudiée, cependant la qualité en matières phosphatés oscille de mauvaise à moyenne.

Aussi en raison de l'interconnexion entre ces deux barrages, nous avons jugé opportuns de voir l'influence que pourrait exercer l'apport des eaux de Beni Amrane sur le Keddara sur la même période. Etant donné que la qualité de leurs eaux est globalement similaire, cela peut s'expliquer par leur proximité géographique.

I.4.3 Barrage du Hamiz

Construit sur l'oued Arbaatache, il est situé à 6 Km de Khemis El Khechna dans la wilaya de Boumerdes. Il est destiné à l'irrigation du périmètre du Hamiz dans la plaine de la Mitidja Est. De plus, depuis 1987 il dérive gravitairement ses eaux excédentaires sur le barrage de Keddara moyennant un ouvrage spécifique.

I.4.3.1 paramètres physico-chimiques

Ils sont évalués à partir des données allant de 1984 à 1993 et de 2009 à 2010 (tableau n°46).

Tableau n°46: paramètres physico-chimiques pour le barrage du Hamiz

Station (code 02.06.03) Hamiz	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)
Min	1984- 1993	7	650	0,86
Moy		7,98	1400	5,83
Max		8,5	2240	28
Min	2009- 2010	7,5	1600	-
Moy		7,8	1726	
Max		8	1800	

- **pH** : L'examen du tableau n°47, ci-dessus, montre que le PH varie de **7** à **8,5**, la moyenne est de **7,9**, ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : L'investigation des résultats, révèle que les valeurs de la conductivité passe de moyenne à excessive (650 à 1240 $\mu\text{s}/\text{cm}$).
- **Turbidité** : l'exploration des résultats montre que les valeurs oscillent entre **0,86** à **28** NTU, avec une moyenne de **5,83** NTU, ce qui dépasse la limite de **2** NTU fixée par les normes.

I.4.3.2 paramètres chimiques

Les différentes concentrations minimales et maximales des cations et anions analysés sont notées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°47: concentrations minimales et maximales des macro-éléments des eaux du barrage du Hamiz

Station (code 02.06.03) Hamiz	Période	Min-Max (mg/l)	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique				
Calcium (Ca)	1984- 1993	0-105	2009- 2010	56-79
magnésium (Mg)		13-70		-
sodium (Na)		13-50		38-60
potassium (K)		0-7		2-5
chlorure (Cl)		10-60		26-54
sulfates (SO ₄)		95-290		206-275
Nitrates (NO ₃)		0-18		0-4
Bicarbonates (HCO ₃)		-		6-265

➤ **Cations**

La teneur de (Ca) varie de **0 à 105** mg/l, valeurs inférieures à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, ces chiffres restent dans les normes.

La concentration de (Mg) oscille de **13 à 70** mg/l, valeurs inférieurs à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, et dépassant la limite de **50** mg/l fixée par la réglementation en vigueur.

La teneur de (k) varie de **0 à 7** mg/l, valeurs inférieurs à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, et inférieur à la limite fixée à **12** mg/l.

La concentration de (Na) oscille de **13 à 60** mg/l, valeurs inférieurs à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, et inférieur la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ **Anions**

La teneur de (NO₃) varie de **0 à 18** mg/l valeurs inférieurs à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période et inférieures aux normes (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **95 à 290** mg/l, valeurs inférieurs à celle du Barrage de Beni Amrane et supérieurs à celle de Keddara en même période, cependant ces chiffres dépassent la valeur limite de 250 mg/l fixée par les normes.

L'analyse de la teneur en (HCO₃) variant de **6 à 265** mg/l, valeurs inférieurs à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, cet élément chimique ne possède pas de restrictions.

La teneur de (Cl) varie de **10 à 60** mg/l, valeurs inférieures à celle des Barrages de Keddara et Beni Amrane en même période, aussi ces valeurs sont inférieures aux normes (<200 mg/l).

Conclusion :

On remarque que presque tous les cations et anions enregistrent des teneurs dans les normes en vigueur, ce qui nous indique que la qualité des eaux de ce barrage est chimiquement apte à satisfaire les besoins en irrigation du périmètre du Hamiz de la zone d'étude, sous réserve des résultats de mesures des paramètres de pollution.

I.4.3.3 paramètres de pollution

Les différents paramètres de pollutions sont notés dans le tableau suivant :

Tableau n°48 : paramètres de pollution dans le barrage du Hamiz

Paramètres Années	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
1984	96,16	8,00	1,63	3,16	0,014	0,024	4,143	0,176
1985	87,82	7,00	1,16	3,68	0,035	0,017	3,700	0,092
1986	100	15	3,04	1,91	0,014	0,031	2,143	0,196
1987	91,22	8,49	1,04	4,07	0,014	0,026	1,889	0,108
1988	88,01	12,50	0,94	3,14	0,030	0,026	3,125	0,060
1989	85,43	18,33	2,45	3,91	0,083	0,034	5,778	0,037
1990	75,72	8,75	0,90	2,80	0,075	0,010	2,750	0,038
1991	75,84	21,50	1,40	4,62	0,203	0,052	5,000	0,056
1992	81,45	10,45	1,80	3,42	0,310	0,040	5,900	0,041
1993	80,59	16,25	1,25	3,43	0,353	0,029	5,750	0,013
	1994-2008 (pas de données)							
2009	78	16,26	2,49	4,3	0,08	0,014	1,34	0,23
2010	81	9,2	3,6	4,9	0,11	0,11	0,234	0,15

L'examen des graphes (figure n°33,34) et du tableau ci-dessus, indique que pendant les années de 1984 à 1988, on relève une bonne qualité en oxygène dissous (90-100%) des eaux analysées, par contre au-delà de cette période, elle devient moyenne (50-90%).

Les teneurs en DCO restent bonnes (7 à 18,33mg/l) pour toute la période étudiée à l'exception de l'année 1991 où elles deviennent mauvaises (21,5 mg/l).

Quant à la DBO₅, elle est bonne et varie de 0,9 à 3,04 mg/l pour toute la durée étudiée.

Par ailleurs, les teneurs en matières organiques, variant de 1,91 à 4,62 mg/l, sont acceptables, et les teneurs en matières azotées (NH₄ et NO₂) restent tout le temps moyennes (respectivement 0,014 à 0,35 mg/l et de 0,01 à 0,04 mg/l), avec une légère baisse et ce, jusqu'à l'année 1988, au-delà de cette année on assiste à un accroissement progressif.

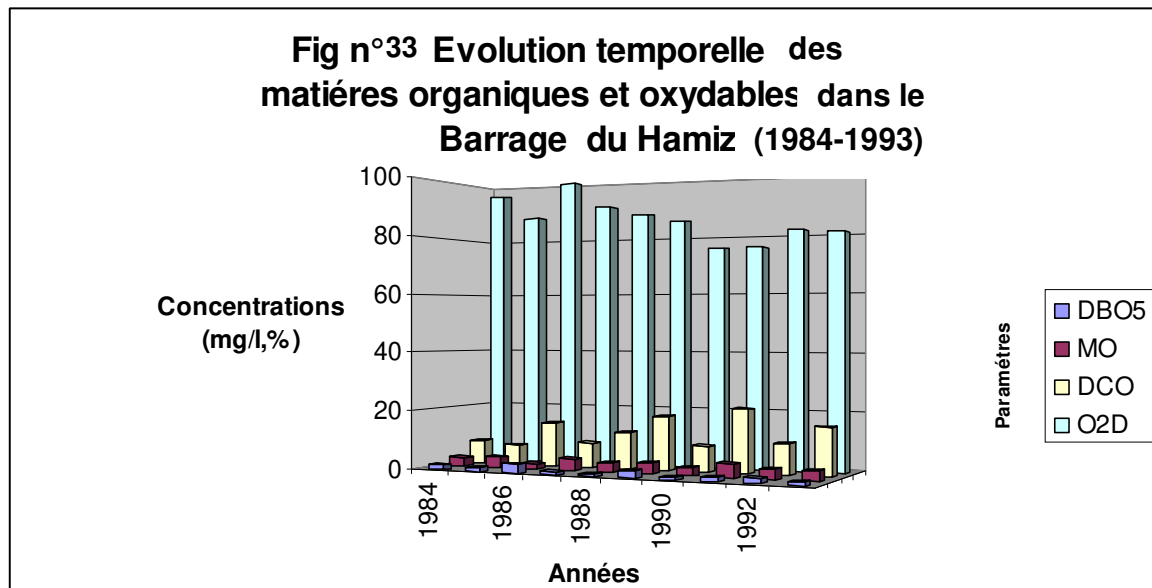
Les teneurs en nitrates (1,88 à 5,778 mg/l) sont bonnes, quant à celles des PO₄elles restent de qualité mauvaises (0,1-3 mg/l) et ce, malgré leur amélioration depuis l'année 1988 où elles deviennent en effet moyennes (0,01-0,1mg/l).

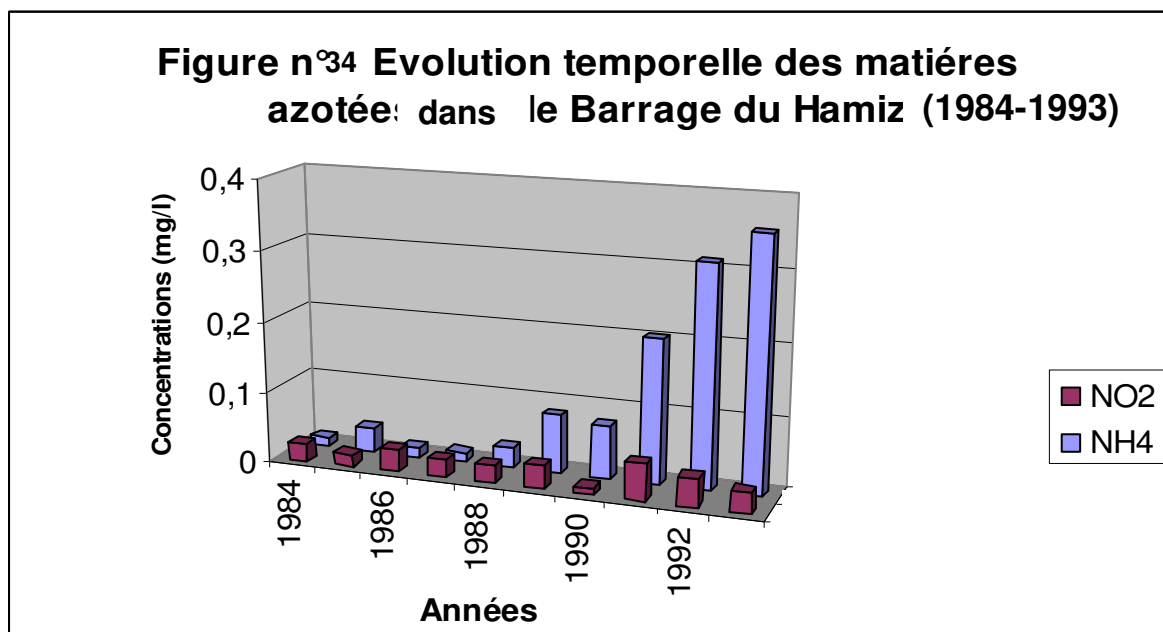
➤ Pour 2009 et 2010

L'examen du tableau n°49, indique que durant ces années la qualité en oxygène dissous reste moyenne (50 à 90%). Les teneurs en DCO sont bonnes < 20 mg/l.

Même observation pour la DBO₅ qui reste bonne pour toute la durée étudiée (2,49 à 3,6 mg/l), ainsi que pour les teneurs en matières organiques (<5 mg/l) et les nitrates (0,23 à 0,34 mg/l).

Quant aux matières azotées (NH₄ et NO₂) et phosphorés (PO₄), les concentrations passent de moyennes (0,01-0,1mg/l) en 2009 à mauvaises (0,1-3 mg/l) en 2010 pour les premières, et présentent une qualité mauvaise (0,15-0,23 mg/l) pour les secondes.





Conclusion :

Compte tenu de ce qui précède, on peut conclure pour le barrage du Hamiz, que la qualité des matières organiques et oxydables est bonne, quant aux matières azotées la qualité est généralement moyenne.

La concentration des nitrates est bonne durant toute la période étudiée, cependant la qualité en matières phosphatés est mauvaise.

I.4.4 Barrage du Boukerdane :

Ce barrage a été, mis en eau en 1992 sur l'Oued El Hachem, il se situe à environ 13 Km au Sud de Sidi Amar, et à 8 Km à l'Ouest de Hadjout. La retenue a une hauteur de 71,1 m, elle dispose d'une capacité de 97 Hm³ dont 49 Hm³ seulement sont régularisés. Ce barrage est destiné à l'AEP et à l'irrigation d'une partie du périmètre de la Mitidja Ouest tranche II.

I.4.4.1 paramètres physico-chimiques

Ils sont évalués à partir des données allant de 2001 à 2011 (tableau n°49).

Tableau n°49: paramètres physico-chimiques dans le barrage de Boukerdane

Station (code 02.03.29) Boukerdane	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)
Min	2001- 2011	7	440	-
Moy		7,72	852,14	-
Max		8	2330	-

- **PH** : L'examen du tableau n°50, ci-dessus, montre que le PH varie de **7 à 8** la moyenne est de **7,72**, ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : L'investigation des résultats, révèle que les valeurs de la conductivité passe d'une minéralisation moyenne accentuée à excessive (440 à 2330 μ s/cm).
- **Turbidité** : absence de données.

1.4.4.2 paramètres chimiques :

Les différentes concentrations minimales et maximales des cations et anions analysés sont notées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°50: concentrations minimales et maximales des macro-éléments dans le barrage du Boukerdane

Station (code 02.03.29) Boukerdane	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique		
Calcium (Ca)	2001- 2011	31-168
magnésium (Mg)		17-86
sodium (Na)		15-200
potassium (K)		1-10
chlorure (Cl)		40-480
sulfates (SO ₄)		100-370
Nitrates (NO ₃)		0-20,1
Bicarbonates (HCO ₃)		95-398

➤ Cations

La teneur de (Ca) varie de **31 à 168** mg/l, ces chiffres restent dans les normes.

La concentration de (Mg) oscille de **17 à 86** mg/l, ces valeurs dépassant la limite de **50** mg/l fixée par la réglementation en vigueur.

La teneur de (k) varie de **1 à 10** mg/l, chiffres inférieurs à la limite fixée à **12** mg/l.

La concentration de (Na) oscille de **15 à 200** mg/l, ces valeurs dépassent la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ Anions

La teneur de (NO₃) varie de **0 à 20,1** mg/l, ces chiffres sont inférieures aux normes (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **100 à 370** mg/l, cependant ces valeurs dépassent rarement la valeur limite de 250 mg/l fixée par les normes.

L'analyse de la teneur en (HCO_3) variant de **95** à **398** mg/l, cet élément chimique ne possède pas de restrictions.

La teneur de (Cl) varie de **40** à **480** mg/l, aussi ces valeurs sont supérieures aux normes (>200 mg/l).

On remarque qu'il y a un dépassement des normes pour les chlorures, sodium et sulfates c'est un signe de salinité excessive.

I.4.4.3 paramètres de pollution

L'examen des figures (fig.35, 36) et du tableau ci-dessous, indique que pendant les années de 2001 à 2010, on relève une qualité moyenne en oxygène dissous (50-90%), à l'exception de l'année 2011 où elle devient bonne (> 90%).

Les teneurs en DCO restent généralement moyennes (23,45 à 40,36mg/l) pour toute la période étudiée à l'exception de l'année 2008 où elles deviennent mauvaises (45,36 mg/l), cependant à partir de 2010 on remarque une bonne qualité (<20 mg/l).

Quant à la DBO5, elle est bonne et varie de 0,1 à 4,67 mg/l pour toute la période d'étude.

Par ailleurs, les teneurs en matières organiques sont bonnes variant de 3,28 à 5,42 mg/l, celles des matières azotées (NH_4 et NO_2) restent généralement moyennes (respectivement de 0,011 à 0,11 mg/l et de 0,01 à 0,11 mg/l), à l'exception de l'année 2008 où cette qualité devient mauvaise (0,1-3 mg/l), et enfin celles des nitrates elles sont bonnes (1,25 à 5,64 mg/l) pour toutes les années considérées.

Les phosphates (PO_4) présentent une qualité oscillant entre moyenne (0,01-0,1mg/l) et mauvaise (0,1-3 mg/l).

Tableau n°51: paramètres de pollution dans les eaux du barrage de Boukerdane

Paramètres	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
2001	84,6	40,22	1,49	3,34	0,08	0,014	1,42	0,01
2002	77,75	28,93	1,85	4,25	0,098	0,011	1,25	0
2003	87,27	40,36	1,7	3,88	0,022	0,024	3,03	0
2004	93,85	28,92	0,1	3,97	0,012	0,020	4,13	0
2005	81,36	25,82	-	4,81	0,037	0,036	5,64	0,150
2006	75,21	23,45	1,97	5,12	0,042	0,014	1,64	0,512
2007	88,2	37,99	1,64	3,61	0,017	0,101	1,53	0,167
2008	84,39	45,36	1,47	4,64	0,11	0,110	2,88	0,007
2009	82,61	34	2	5,42	0,062	0,036	1,30	0,086
2010	86,11	11,33	3,17	5,34	0,08	0,043	3,04	0,133
2011	97,38	10,59	4,67	3,28	0,066	0,055	2,89	0,104

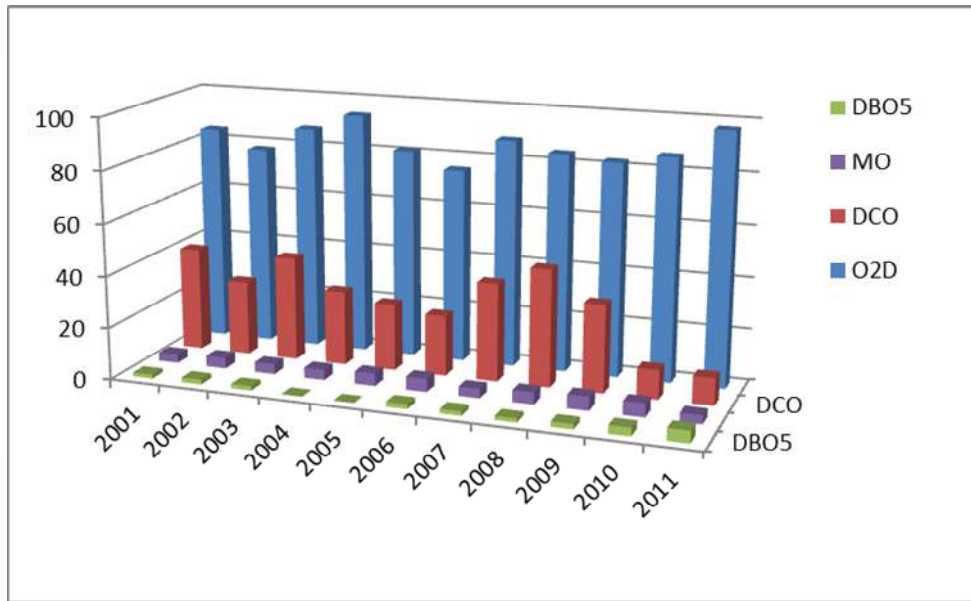


Fig. n°35 : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables dans le barrage de Boukerdane (2001-2011)

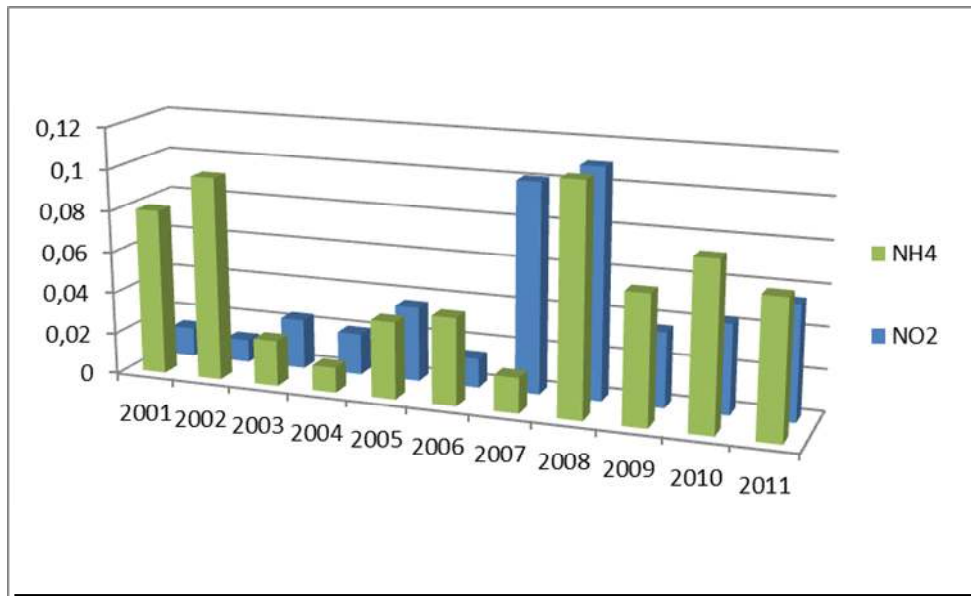


Fig. n°36 : Evolution temporelle des matières azotées dans le barrage de Boukerdane (2001-2011)

I.4.5 Barrage de Bouroumi

Le barrage de Bouroumi « El Moustakbal », sa mise en eau s'est effectuée en 1986 destiné à l'irrigation, il se trouve dans la wilaya de Blida, situé à 8 km à l'Est du village Boumedfaa, bâti sur l'Oued Bouroumi et reçoit également les eaux des Oueds : Chiffa, Harbil et Oued Djer. Il dispose d'une capacité de 188 millions de m³, avec un volume régularisé de 98 hm³.

Dans la wilaya de Tipaza, le barrage alimente 5 secteurs du périmètre de la Mitidja Ouest (tranche II), et la commune de Attatba inclus dans le périmètre de la Mitidja (Ouest tranche I).

I.4.5.1 paramètres physico-chimiques

Ils sont évalués à partir des données allant de 2002 à 2008 (tableau n°52).

Tableau n°52: paramètres physico-chimiques pour le barrage de Bouroumi

Station (code 02.10.10) Bouroumi	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)
Min	2002- 2008	7	700	-
Moy		7,58	1758	-
Max		8,2	2570	-

- **pH : L'examen** du tableau n°53, ci-dessus, montre que le pH varie de **7** à **8,2** la moyenne est de **7,58**, ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : L'investigation des résultats, révèle que les valeurs de la conductivité passe d'une minéralisation moyenne accentuée à excessive (700 à 2570 $\mu\text{s}/\text{cm}$).
- **Turbidité** : absence de données.

I.4.5.2 paramètres chimiques

Les différentes concentrations minimales et maximales des cations et anions analysés sont notées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°53 : concentrations minimales et maximales des macro-éléments pour le barrage du Bouroumi

Station (code 02.10.10) Bouroumi	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique		
Calcium (Ca)	2002- 2008	56-220
magnésium (Mg)		24-96
sodium (Na)		25-265
potassium (K)		1-20
chlorure (Cl)		55-555
sulfates (SO ₄)		125-850
Nitrates (NO ₃)		0-44
Bicarbonates (HCO ₃)		72-365

➤ Cations

La teneur de (Ca) varie de **56** à **220** mg/l, on assiste épisodiquement à des dépassements de la norme qui indique un niveau guide de 200 mg/l.

La concentration de (Mg) oscille de **24** à **96** mg/l, ces valeurs dépassent la norme limite de 50 mg/l donner par la réglementation en vigueur.

La teneur de (K) varie de **1** à **20** mg/l, chiffres supérieurs à la limite fixée à **12** mg/l.

La concentration de (Na) oscille de **25** à **265** mg/l, chiffres supérieurs à la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ Anions

La teneur de (NO₃) varie de **0** à **44** mg/l, ces chiffres sont inférieures aux normes (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **125** à **850** mg/l, cependant ces chiffres dépassent la valeur limite de 250 mg/l fixée par les normes.

L'analyse de la teneur en (HCO₃) variant de **72** à **365** mg/l, cet élément chimique ne possède pas de restrictions.

La teneur de (Cl) varie de **55** à **555** mg/l, ces valeurs sont supérieurs aux normes (>200 mg/l).

Conclusion : on remarque que presque tous les cations et anions enregistrent des teneurs dépassant les normes en vigueur, ce qui nous renseigne sur la dureté de ces eaux et la présence d'une salinité notable.

1.4.5.3 paramètres de pollution

Les différents paramètres de pollutions sont notés dans le tableau suivant et représentés dans les figures 37,38 :

Tableau n°54: paramètres de pollution dans le barrage de Bouroumi

Paramètres	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
2002	82,11	24,1	2,53	5,38	0,217	0,01	2,60	0
2003	90,91	28,7	1,45	5,19	0,277	0,11	12,06	0,01
2004	96,12	47,7	0,7	5,39	0,030	0,04	9,08	0
2005	84,70	20,9	-	6,24	0,443	0,32	7,01	0,16
2006	93,49	26,0	1,55	5,77	0,093	0,10	3,88	0,10
2007	72,78	21,3	1,87	5,27	0,156	0,29	6,68	0,23
2008	66,34	44,5	1,66	12,21	0,216	0,09	7,50	0,03

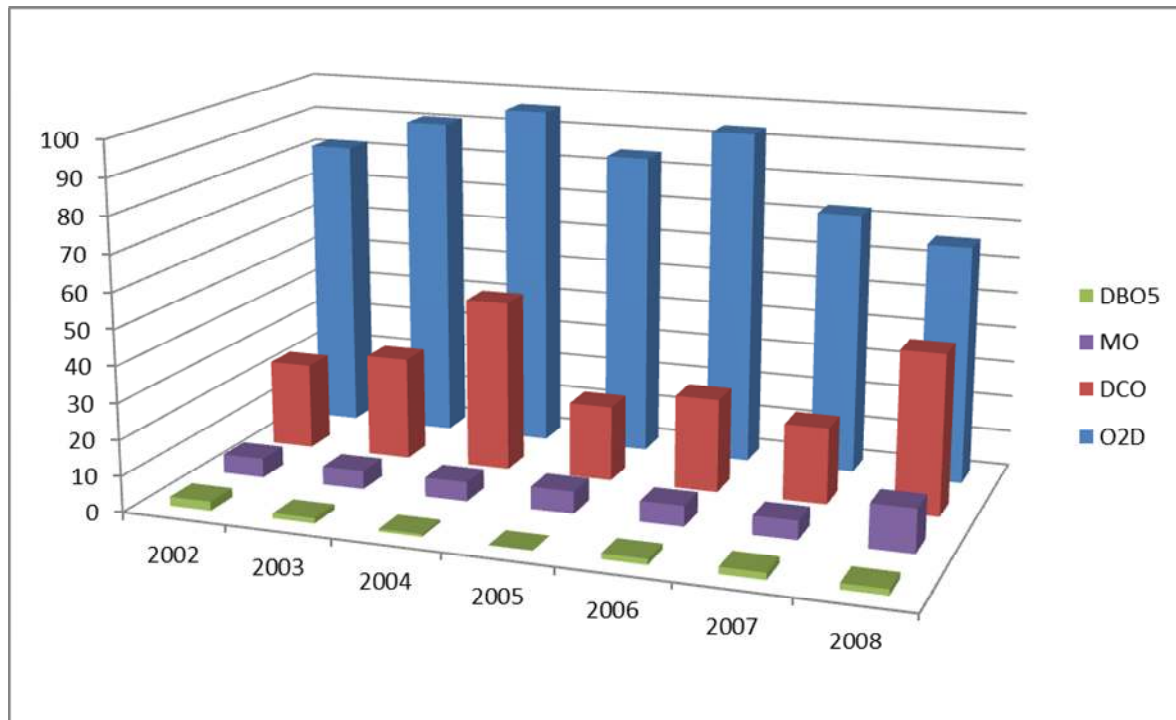


Fig. n°37 : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables dans le barrage de Bouroumi durant la période 2002-2008

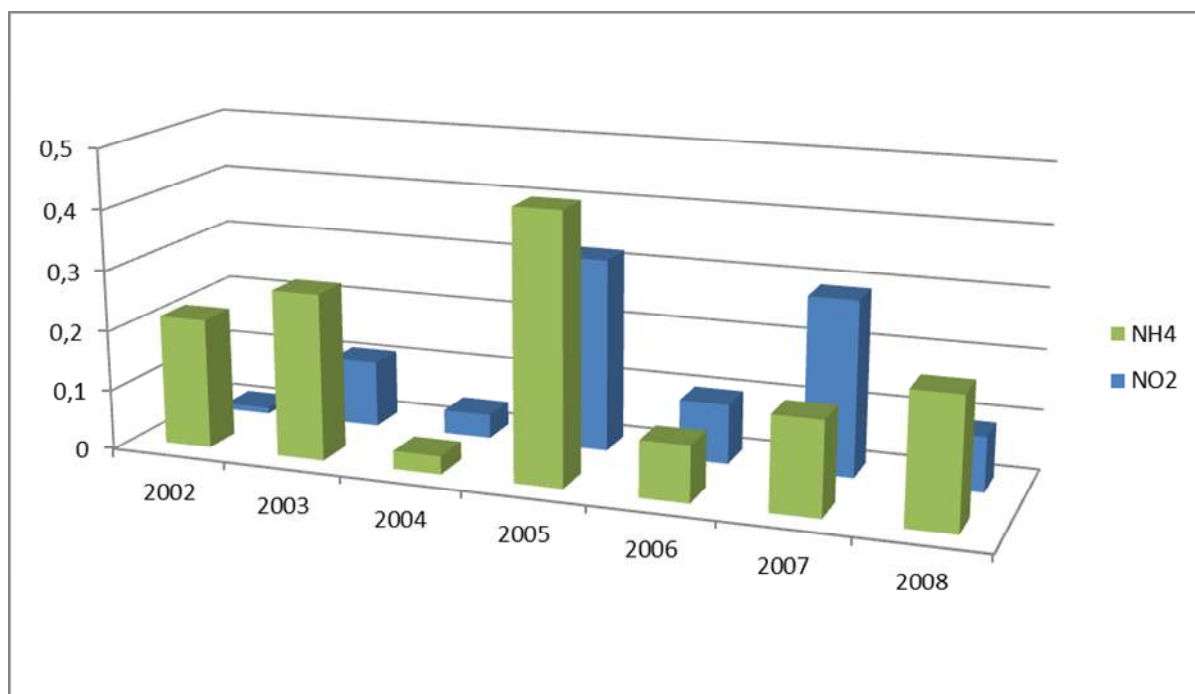


Fig. n°38 : Evolution temporelle des matières azotées dans le barrage de Bouroumi durant la période 2002-2008

L'examen des figures (fig.37, 38) et du tableau ci-dessus, indique que pendant les années 2002 à 2008, la qualité en oxygène dissous oscille entre moyenne (50-90%) à bonne (> 90%).

Les teneurs en DCO restent généralement moyenne (20,9 à 28,7mg/l) pour toute la période étudiée à l'exception des années 2004 et 2008 où elle devient mauvaise (40-50 mg/l).

Quant à la DBO₅, elle est bonne et varie de 0,7 à 2,53mg/l pour toute la durée étudiée.

Par ailleurs les teneurs en matières organiques sont moyennes variant de 5,19 à 6,24 mg/l à l'exception de l'année 2008 où cette qualité devient mauvaise (12,21 mg/l) et les teneurs en matières azotés (NH₄ et NO₂) oscillent entre moyenne à mauvaise (respectivement 0,03 à 0,443 mg/l et de 0,01 à 0,29 mg/l).

Les teneurs en nitrates, sont bonnes (2,6 à 9,08 mg/l) sur toute la période, à l'exception de l'année 2003 où cette qualité devient mauvaise avec un taux de 12,06 mg/l.

Enfin, la concentration des PO₄ oscille entre moyenne (0,01-0,1mg/l) et mauvaise (0,1-3 mg/l).

I.5 Qualité du Marais de Réghaïa

Le lac de Réghaïa est situé à 30 km à l'Est d'Alger et à 2 km de la ville de Réghaïa, c'est une lagune côtière de 0,75km², qui représente la dernière zone humide de la plaine de la Mitidja. Ce lac regroupe plusieurs écosystèmes tels que : dunaire, marin..etc, ces écosystèmes constituent un abri pour 230 espèces d'oiseaux.

Ce lac prend sa source à Ouled Ben Amar à 500 mètres d'altitude, la longueur du cours d'eau est estimée à 20 km.

Le lac de Réghaïa est alimenté par 3 oueds : oued Bousselet, qui prend sa source au massif de Larbaâta, oued Berraba et oued Guesbia qui prennent naissance au niveau de l'Atlas Blidéen.

Cette zone humide souffre d'une intense activité industrielle des zones de Rouïba et Réghaïa. Le lac reçoit quotidiennement environ 80000 m³ d'eau polluée (ANRH, 2005). Néanmoins la station d'épuration de Réghaïa est fonctionnelle, et offre même un traitement biologique. Sa capacité est de 400.000 eq/hab (DAPE/MRE).

Malheureusement certains industriels déversent leurs rejets non seulement dans le réseau d'assainissement, mais aussi directement dans le lac.

L'activité agricole est aussi importante dans la zone, chaque année est alloué un volume de 3 à 4 million de m³ pour l'irrigation du périmètre du Hamiz (DHA/MRE) à travers la station de Bouréah implanté dans le lac.

I.5.1 paramètres physico-chimiques

Ils ont été déterminés à partir des résultats d'analyses effectuées sur les eaux du lac pendant la période (2004-2009).

Tableau n°55: paramètres physico-chimiques des eaux du Marais de Réghaïa

Marais de Réghaïa	Période	PH	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)
Min	2004-2009	7,4	1210	0,01
Moy		8	1883	5,83
Max		8,6	2430	19,8

- **PH** : L'examen du tableau n°55, montre que le PH varie de **7,4** à **8,6**, et reste dans les normes, avec une moyenne de 8.
- **Conductivité** : L'investigation des résultats, révèle que les valeurs de conductivité sont excessives (Cond.>1000 µs/cm), avec une moyenne de 1883 µs/cm.
- **Turbidité** : l'exploration des résultats montre que les valeurs oscillent entre **0,01** à **19,8** NTU, avec une moyenne de **5,83** NTU, ce qui dépasse la limite fixé à **2** NTU par les normes.

1.5.2 paramètres chimiques

Ils concernent les macros éléments. Les résultats sont portés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°56: concentrations minimales et maximales des macroéléments dans les eaux du marais de Reghaïa

Marais de Réghaïa	Période	Min-Max (mg/l)
Élément chimique		
Calcium (Ca)	2004-2009	73-83
magnésium (Mg)		25-71
sodium (Na)		27-273
potassium (K)		11-27
chlorure (Cl)		155-412
sulfates (SO4)		89-300
Nitrates (NO3)		0-14
Bicarbonates (HCO3)		13-580

➤ Cations

La teneur de (Ca) varie de **73** à **83** mg/l, ces chiffres sont en deçà des limites des normes.

La concentration de (Mg) oscille de **25** à **71** mg/l, ces valeurs dépasse la valeur maximale de 50 mg/l tolérée par les normes en vigueur.

La teneur de (k) varie de **11** à **27** mg/l, ces valeurs dépassent très souvent la valeur limite de **12** mg/l indiquée par la réglementation.

La concentration de (Na) oscille de **27** à **273** mg/l, ces valeurs dépassent la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ Anions

La teneur de (NO₃) varie de **0** à **14** mg/l, ce qui est inférieur aux normes (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **89** à **300** mg/l, seuls 10% des valeurs dépassent la limite fixée par les normes de 250 mg/l.

L'analyse de la teneur en (HCO₃) varie de **13** à **580** mg/l, il n'y a pas de restrictions pour cet élément.

La teneur de (Cl) varie de **155** à **412** mg/l, seules 4% des teneurs ne dépassent pas la norme fixée à 200 mg/l.

I.5.3 paramètres de pollution

L'examen des figures ci-dessous (fig.39, 40) et du tableau n°57, montre que durant l'année 2004 la teneur en oxygène dissous reste moyenne (50-90%), mais malheureusement en dehors de cette année, la qualité se dégrade, on assiste même à une diminution importante de ce paramètre (<30%).

Les teneurs en DCO varient entre 59,38 à 70,10 mg/l, ainsi la qualité est mauvaise pour toute la période étudiée.

Quant à la DBO₅, elle reste moyenne (5,4 à 8 mg/l), cependant en 2009 cette qualité devient mauvaise (16 mg/l).

Par ailleurs, les teneurs en matières azotés (NH₄ et NO₂), restent très mauvaises (variant de 4,319 à 25,843 mg/l) pour l'ammonium, quant à celles des nitrites, elles sont mauvaises (variant de 0,253 à 0,438 mg/l).

S'agissant de la concentration en nitrates, elle est bonne (0,835 à 2,66 mg/l) pour toutes les années étudiées et enfin pour les teneurs phosphorés, elles sont très mauvaises (variant de 4 à 5,74 mg/l).

Conclusion : compte tenu de ce qui précède, on peut déduire que les eaux du marais de Reghaia se sont révélées être de mauvaise qualité. Le lac renferme des quantités importantes de matières en suspension, hormis les nitrates tous les cations et anions enregistrent des teneurs dépassant les normes, ce qui témoigne sur la dureté de ces eaux et la présence de salinité.

La décomposition de la matière organique a provoqué une diminution de l'oxygène dissous, aussi l'enrichissement des eaux en matières nutritives a entraîné son eutrophisation. La diminution de l'oxygène dissous et une DBO₅ moyenne est un signe d'une dégradation anaérobie de la matière organique.

Tableau n°57 : paramètres de pollutions des eaux du marais (2004-2009)

Paramètres Années	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
2004	54,12	59,38	8,0	17,58	4,319	0,423	2,287	4,00
2005	36,75	60	5,4	20,04	9,636	0,438	2,54	4,43
2006	35,58	62,03	6,1	16,71	16,38	0,319	2,66	5,74
2007	34,22	61,25	5,8	17,22	7,22	0,271	1,36	4,25
2008	33,57	63,24	7,2	20,01	15,68	0,343	0,26	5,22
2009	42,71	70,10	16,0	19,55	25,84	0,253	0,835	4,65

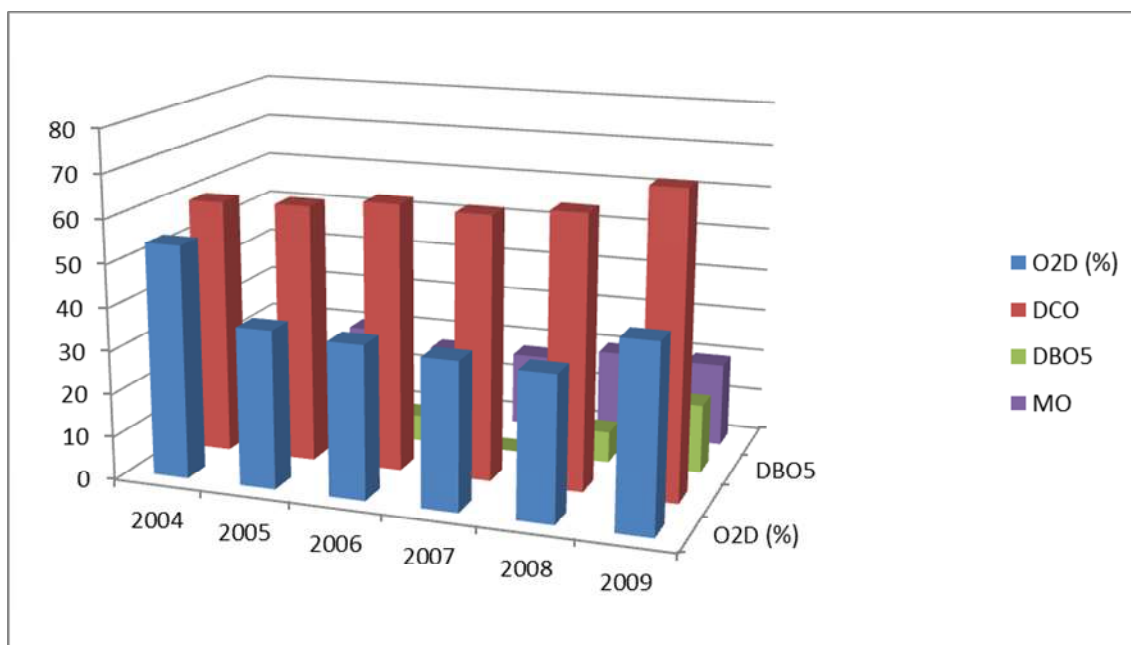


Fig. n°39 : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables pour le marais de Réghaia durant la période 2004-2009

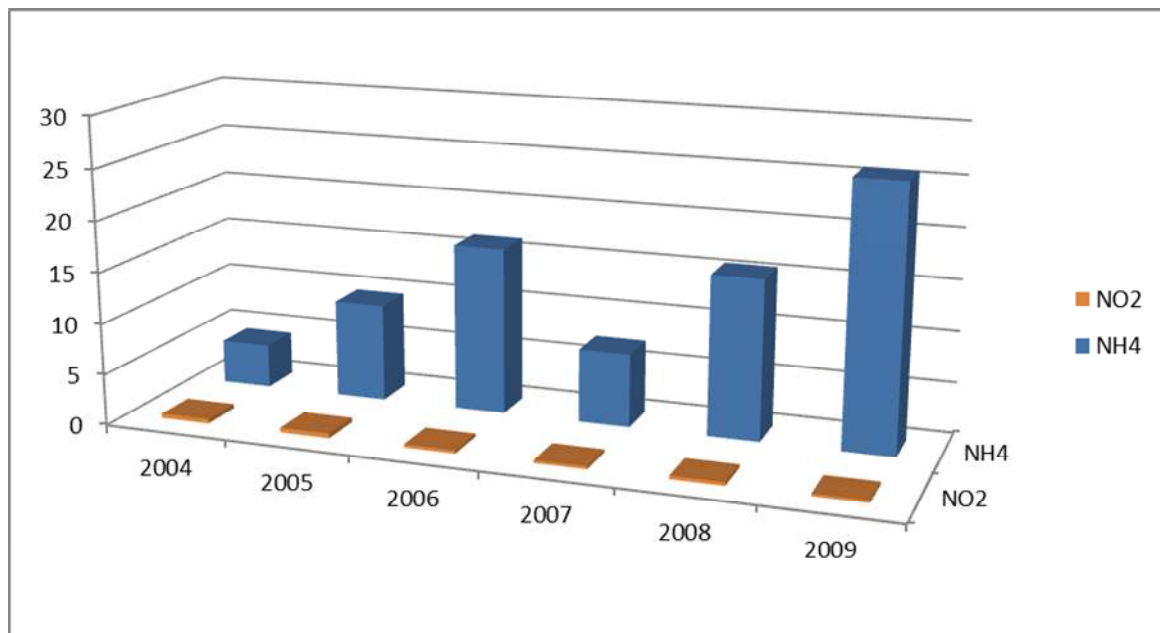


Fig. n°40 : Evolution temporelle des matières azotées dans le marais de Réghaia durant la période 2004-2009

I.6 Qualité des eaux des oueds

Cette partie de l'étude concerne uniquement l'Oued El Harrach, vu que seule sa qualité est prise en charge dans le réseau de surveillance de l'ANRH.

L'oued El Harrach prend sa source au nord de l'atlas Blidéen, formé par la confluence de deux oueds principaux : l'oued Akacha et l'oued Mekka, au sud ouest de Hammam Melouane, avec une longueur de 67 km, il est considéré comme l'un des principaux oueds qui sillonnent la plaine de la Mitidja, il a cinq affluents :

- Oued Djemaa ;
- Oued Baba Ali ;
- Oued Kerma ;
- Oued Smar ;
- Oued Ouchaih.

Son écoulement est irrégulier, il est turbulent en saison hivernale et quasi-stationnaire en saison estivale. Le débit total à son embouchure est de 1 m³/s en été et de l'ordre de 10 m³/s en hiver, son débit moyen est d'environ 6 m³/s. son écoulement annuel moyen est d'environ 190 millions de m³.

La base de données utilisée est relativement courte vu que seules les données de 2004 à 2009 sont disponibles.

I.6.1 paramètres physico-chimiques

Les différents paramètres physico-chimiques sont transcrits dans le tableau suivant :

Tableau n°58 : paramètres physico-chimiques des eaux de l'Oued El Harrach

Station (code 02.14.18) Baraki	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)
Min	2004- 2009	7,00	630	3,1
Moy		7,68	1532	37,49
Max		8,50	2650	210

- **PH** : L'examen du tableau n°59, montre que le PH varie de **7 à 8,5** pour la période de 2004 à 2009, la moyenne est de **7,68** ce qui est dans les normes.
- **Conductivité** : L'examen des résultats durant la période de 2004 à 2009, montre que les valeurs de conductivité sont excessives (Cond > 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$).
- **Turbidité** : l'exploration des résultats montre que les valeurs varient entre **3,1 à 210** NTU pour la période de 2004 à 2009, ce qui est excessif.

I.6.2 paramètres chimiques

Les différentes concentrations minimales et maximales sont transcrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°59 : concentrations minimales et maximales des cations et anions dans les eaux de l'Oued el Harrach

Station (code 02.14.18)Baraki	Période	Min-Max (mg/l)
Elément chimique		
Calcium (Ca)	2004- 2009	85-214
magnésium (Mg)		13 -126
sodium (Na)		32 -288
potassium (K)		0-30
chlorure (Cl)		47-297
sulfateS (SO4)		154 -350
Nitrates (NO3)		0-20
Bicarbonates (HCO3)		260 -701

➤ Cations

La teneur de (Ca) varie de **85 à 214** mg/l, on assiste épisodiquement à des dépassements de la norme guide de 200 mg/l.

La concentration de (Mg) oscille de **13 à 126** mg/l, ces valeurs dépassent la norme limite de 50 mg/l donner par la réglementation en vigueur.

La teneur de (k) varie de **0 à 30** mg/l, chiffres supérieurs à la limite fixée à **12** mg/l.

La concentration de (Na) oscille de **32 à 288** mg/l, chiffres supérieurs à la norme qui plafonne le taux à **100** mg/l.

➤ Anions

La teneur de (NO₃) varie de **0** à **20** mg/l, ce qui est inférieur aux normes (<50 mg/l).

La concentration de (SO₄) varie de **154** à **350** mg/l, la limite de 250 mg/l fixée par les normes n'a été dépassée que pour une seule valeur durant le mois avril de l'année 2005.

L'analyse de la teneur en (HCO₃) varie de **260** à **701** mg/l, il n'y a pas de restriction pour cet élément.

La teneur de (Cl) varie de **47** à **297** mg/l, le tiers des valeurs dépassent la valeur de 200 mg/l fixé par les normes.

I.6.3 paramètres de pollution

L'examen de la figure ci-dessous (figure n°41) et du tableau n°61, montre, un faible taux d'oxygène dissous (variant de 14 à 22%) dans les eaux analysées, il est à noter que cette qualité se détériore encore et au fur à mesure que les années passent.

Les teneurs en DCO et DBO₅ (respectivement variant de 71,5 à 258 mg/l et de 19,97 à 173 mg/l) sont très mauvaises, cependant depuis 2007 ces teneurs sont en baisses progressives.

Par ailleurs, l'analyse des matières azotées (NH₄ et NO₂) n'a pas été effectuée. Cependant et en vue des teneurs très élevés des autres paramètres, on suppose que les matières azotées ne feront pas l'exception.

La concentration en nitrates, elle est bonne (variant de 1,25 à 9,58 mg/l) pour toute la période de mesure, quant à la teneur en phosphates PO₄ est très élevée et varie de 2,26 à 11,4mg/l).

Ces différents paramètres sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau n°60 : paramètres de pollution dans l'Oued el Harrach

Paramètres	Matières organiques et oxydables				Matières azotées		Nitrates	Matière phosphorée
	O ₂ D (%)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MO (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
2004	22	258	173	86,73	-	-	6,5	11,4
2005	18	71,5	70	22,74	-	-	9,58	2,26
2006	16	108,5	39	17,46	-	-	1,25	11,40
2007	15	90,75	19,97	26,84	-	-	2,92	7,19
2008	14	91,28	23	24,65	-	-	4.23	5,32
2009	15	96,57	25,34	25.87	-	-	5.67	4,64

Conclusion : Le constat fait, sur l'Oued El Harrach montre qu'il est fortement pollué, en effet la qualité physico-chimique et matières organiques et oxydables est très mauvaise, cela est dû aux rejets d'eaux usées domestiques et industrielles, ceci confirme son appellation égout à ciel ouvert.

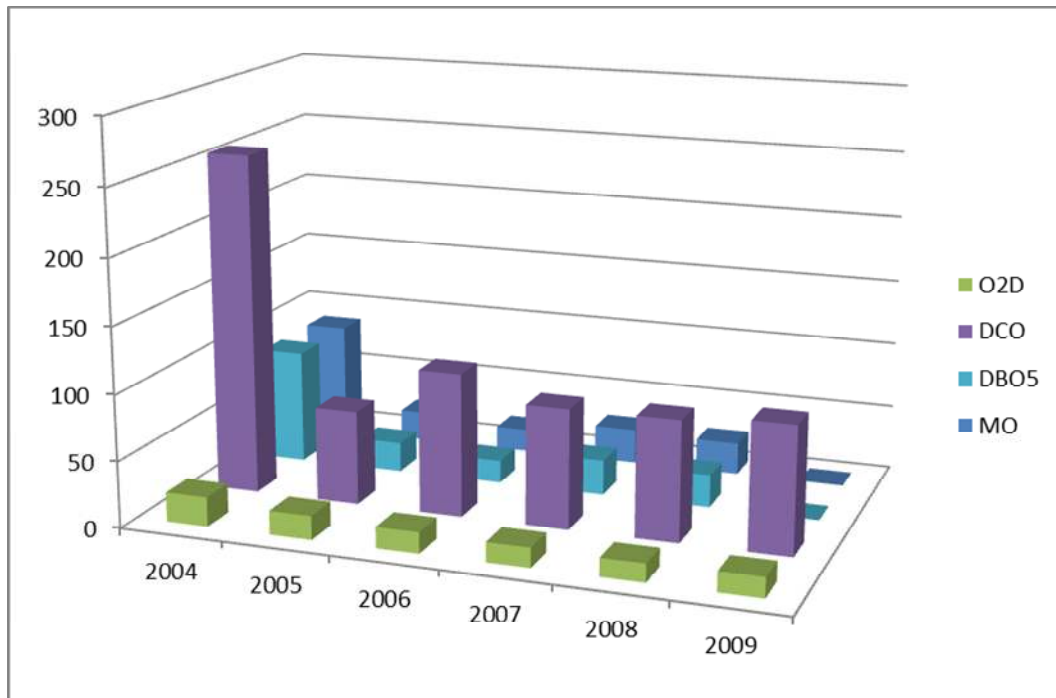


Fig. n°41 : Evolution temporelle des matières organiques et oxydables dans l'oued El Harrach durant la période 2004-2009

I.7 classification des eaux superficielles

Il est primordial de réaliser une classification globale des eaux en tenant compte de l'association des ions entre eux et de l'évolution de leurs rapports.

I.7.1 classification selon le pH

La classification selon le PH, se fait de la manière suivante :

- Neutre ($6 < \text{PH} < 8,5$) : l'eau est considéré de bonne qualité;
- Acide ($\text{PH} \leq 5-6$) : l'eau est agressive ;
- Basique ($\text{PH} \geq 8,5-9$) : l'eau est incrustante.

Le pH des différentes eaux de surfaces (barrages, marais de Réghaia, et l'oued El Harrach est compris dans la plage de 6 à 8,5, ce qui montre que les eaux sont dans les normes des eaux naturelles.

I.7.2 classification selon le Titre Hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations, des appareils électroménagers et de chauffage, sur le lavage du linge etc.... une eau dure donne des dépôts de tartre dans les canalisations et les chauffe-eau, dans les filtres des robinets et généralement sur tout son parcours.

Le TH exprime la teneur de l'eau en sels de Ca^{++} et Mg^{++} .

$$\text{TH} = (\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ (}^\circ\text{f)}$$

Tableau n°61 :classification de l'eau en fonction du Titre hydrométrique

TH (°f)	0 à 7	7 à 22	22 à 32	32 à 54	>54
Dureté de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez dure	Dure	Très dure

L'examen des concentrations de ces cations (ca et mg) des eaux analysées (tableau n°62), révèle que :

- Les valeurs minimales de dureté oscillent de douce à assez dure, avec des valeurs variant de **5 à 24 °F**,
- pour ce qui est des valeurs moyennes, elles varient entre dure à très dure, à l'exception du Hamiz et Boukerdane où l'eau n'est qu'assez dure, la fourchette des valeurs varie de **20 à 117°F**,
- Par contre pour les valeurs maximales, la dureté est très prononcée dépassant la valeur limite de **54°F**, avec des valeurs qui oscillent de **50 à 220 °F**.

Tableau n°62 : valeurs du Titre hydrométrique (°f)

Stations	Période		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	TH (°f)	Désignation
Keddara (code 02.06.45)	1984 - 1993	Min	23	14	11	M.douce
		Moy	383	52	117	Très dure
		Max	740	85	220	Très dure
	1998 - 2010	Min	43	23	20	M.douce
		Moy	86	64	48	dure
		Max	123	96	70	Très dure
Beni Amrane (code 02.06.46)	1984 - 1993	Min	8	17	9	douce
		Moy	110	90	64	Très dure
		Max	200	158	115	Très dure

(suite)

Stations	Période		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	TH (°f)	Désignation
Hamiz (code 02.06.03)	1984 - 1993	Min	0	13	5	douce
		Moy	57	42	32	Assez dure
		Max	105	70	55	Très dure
Boukerdane (code 02.03.29)	2001 - 2011	Min	31	17	14	M.douce
		Moy	66	37	30	Assez dure
		Max	168	86	75	Très dure
Bouroumi code 02.10.10	2002 - 2008	Min	56	24	24	Assez dure
		Moy	127	59	55	Très dure
		Max	220	96	93	Très dure
Marais de Réghaïa	2004 - 2009	Min	73	25	28	Assez dure
		Moy	78	51	40	dure
		Max	83	71	50	dure
Oued EL Harrach (code 02.14.18)	2004 - 2009	Min	85	13	27	Assez dure
		Moy	153	73	68	Très dure
		Max	214	126	105	Très dure

I.7.3 Classification d'après les formules caractéristiques

I.7.3.1 Classification pour l'irrigation

Pour cette classification nous avons calculé la conductivité et le Sodium adsorption ratio (SAR), donné par la formule suivante :

$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Mg + Ca}{2}}}, \text{ et qui exprime le pouvoir alcalinisant par l'eau sur les sols.}$$

La classification relative aux taux de (SAR) est la suivante :

- S₁ = SAR < 10 : Eaux utilisées avec peu de danger d'alcalinisation des sols ;
 S₂ = SAR = 10 à 18 : Eaux utilisées avec danger appréciable d'alcalinisation des sols ;
 S₃ = SAR = 18 à 26 : Eaux utilisées pouvant provoquer un danger d'alcalinisation des sols ;
 S₄ = SAR > 26 : Eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort.

Concernant les conductivités à 25°C, les classes sont les suivantes :

- C1 = CE < 250 µmhos/cm : eau de faible salinité;
 C2 = 250 <CE< 750 µmhos/cm : eau de moyenne salinité;
 C3 = 750 <CE< 2250 µmhos/cm : eau de forte salinité;
 C4 = 2250 <CE<5000 µmhos/cm : eau de très forte salinité.

L'application de cette méthode de classification sur les eaux étudiées nous donne les valeurs et interprétations suivants: (tableau n°63)

Tableau n°63 : classification des eaux superficielles pour l'irrigation

Eaux de surfaces	Période	Na (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	SAR (mg/l)	Conductivité (µmhos/cm)	Classe
Barrage de keddara Min Max	1984						
	-	8	23	14	1,86	230	C ₁ S ₁
	1993	45	740	85	2,22	1940	C ₃ S ₁
Barrage de keddara Min Max	1998						
	-	22	43	23	3,83	350	C ₂ S ₁
	2010	120	123	96	11,47	1600	C ₃ S ₂
Barrage de B.Amrane Min Max	1984						
	-	38	8	17	10,75	560	C ₂ S ₂
	1993	258	200	158	19,28	2600	C ₄ S ₃
Barrage du Hamiz Min Max	1984						
	-	13	0	13	5,09	650	C ₂ S ₁
	1993	50	105	70	5,34	2240	C ₃ S ₁
Barrage de Boukerdane Min Max	2001						
	-	15	31	17	3,06	440	C ₂ S ₁
	2011	200	168	86	17,75	2330	C ₄ S ₂
Barrage de Bouroumi Min Max	2002						
	-	25	56	24	3,95	700	C ₂ S ₁
	2008	265	220	96	21,08	2570	C ₄ S ₃
Marais de Réghaïa Min Max	2004						
	-	27	73	25	3,86	1210	C ₃ S ₁
	2007	273	83	71	31,11	2430	C ₄ S ₄
Oued El Harrach Min Max	2004						
	-	25	68	13	3,93	630	C ₂ S ₁
	2007	288	214	226	19,42	2650	C ₄ S ₃

Si on se réfère au tableau ci-dessus :

- Pour le Barrage de Keddara :
 - Durant la période de 1984 à 1993, la conductivité est passée de **230** à **1940** $\mu\text{mhos/cm}$, donc la salinité est moyenne à forte (voir classification pour irrigation), pour l'alcalinité elle varie de **1,86** à **2,22** mg/l, ces eaux représentent peu de danger pour les sols.
 - Durant la période de 1998 à 2010, la conductivité varie de **350** à **1600** $\mu\text{mhos/cm}$, elle reste ainsi dans la même gamme par rapport à la période précédente, l'alcalinité quant à elle, varie de **3,83** à **11,47** mg/l, ces eaux constituent peu de danger à dangereux pour l'alcalinisation des sols.
- Pour le Barrage de Beni Amrane :
 - la conductivité passe de **560** à **2600** $\mu\text{mhos/cm}$, donc on passe d'une salinité moyenne à très forte. L'alcalinité varie de **10,75** à **19,28** mg/l. Ainsi ces eaux représentent un danger appréciable pour les sols.
- Pour le Barrage du Hamiz :
 - Pendant la période de 1984 à 1993, la conductivité passe de **650** à **2240** $\mu\text{mhos/cm}$, la salinité passe de moyenne à forte, et l'alcalinité varie de **5,09** à **5,34** mg/l. Ces eaux représentent peu de danger pour les sols.
- Pour le Barrage de Boukerdane :
 - La conductivité des eaux de ce barrage passe de **440** à **2330** $\mu\text{mhos/cm}$, ainsi la salinité passe de moyenne à très forte, et l'alcalinité de **3,06** à **17,75** mg/l. Ces eaux présente peu de danger à danger appréciable pour l'alcalinisation des sols.
- Pour le Barrage de Bouroumi :
 - La conductivité des eaux de ce barrage passe de **700** à **2570** $\mu\text{mhos/cm}$, ainsi la salinité passe de moyenne à très forte. Pour l'alcalinité, elle varie de **3,95** à **21,08** mg/l. ces eaux peuvent présenter peu de danger à dangereux pour l'alcalinisation des sols.
- Pour le Marais de Réghaïa :
 - Durant la période étudiée : le lac est caractérisé par une conductivité forte à très forte (**1210** à **2430** $\mu\text{mhos/cm}$), tandis que pour l'alcalinité, on passe par les deux extrêmes, c'est-à-dire ces eaux représentent peu de danger à très fort danger pour les sols (**3,86** à **31,11** mg/l).
 - En raison de l'exclusive utilisation de cette eau pour l'irrigation, on enregistre des conductivité de l'ordre de (1400 $\mu\text{mhos/cm}$, en 2005), ce taux dépasse les normes FAO tolérés pour l'irrigation.

- Pour Oued El Harrach :
 - la conductivité des eaux passe de moyenne à forte (**630** à **2650** $\mu\text{mhos/cm}$). Ce qui peut avoir peu de danger à danger appréciable pour l'alcalinisation des sols (**3,93** à **19,42** mg/l).

1.8 Métaux lourds

La présence de métaux lourds dans l'eau indique l'existence d'une pollution industrielle. L'analyse des métaux lourds est effectuée par la Spectrométrie d'Absorption Atomique à Flamme, et celle du mercure par l'Injection de Flux par Absorption Atomique (FIAS). La détermination de ces paramètres est plus facile et les résultats sont plus fiables, leurs valeurs limites maximales dans les rejets (normes de rejets) des installations de déversements industriels sont données dans le tableau suivant [110] :

Tableau n°64 : limites maximales des métaux lourds dans les rejets

Paramètres	Unités (mg/l)	Valeurs maximales
Cadmium	-	0,20
Chrome3+	-	0,30
Chrome6+	-	0,50
Cuivre	-	3,00
Manganèse	-	1,00
Mercure	-	0,01
Nickel	-	5,00
Plomb	-	1,00
Zinc	-	5,00

1.8.1 Taux et évolution spatio-temporelle des métaux lourds des eaux de surfaces du bassin versant de l'Oued El Harrach (OEH)

En raison de la grande pollution de cet Oued, une étude a été entreprise par l'ONEDD avec l'assistance de la JICA, ces travaux ont été entrepris durant les années 2005, 2006 et 2007, et avaient pour objet de connaître la situation en matière de pollution de la zone du bassin versant de l'Oued el Harrach.

Nous avons utilisé la base de données (de cette étude) concernant les métaux lourds dans l'objectif de suivre l'évolution spatio-temporelle du taux de ces éléments dans les eaux analysées.

Pour ce faire, 9 points de surveillance ont été sélectionnés et qui sont indiqués dans la figure n°42.

a) aval de la confluence de OEH et Oued Smar.

Oued El Harrach, point 1(OEH 1): Mohammadia, pont Autoroute.

Oued El Harrach, point 2 (OEH 2): La glacière, pont route.

Oued El Harrach, point 3 (OEH 3): El Harrach Pied de pont.

b) Amont de la confluence de OEH et confluent Baba ali.

Oued Baba Ali, point 1(OBO1) : Kouara, pont cassé.

Oued Baba Ali, point 2 (OBO2) : courant Baba Ali, aval du point de déversement de SOACHLORE.

Oued Baba Ali, point 1(OBO3) : courant Baba Ali, amont du point de déversement de SOACHLORE.

c) Amont de la confluence avec Oued Smar

Oued Semar, point 1 (OSO1) : Boumati, pont sur route.

Oued Semar, point 2 (OSO2) : Extrémité ouest de l'aéroport, sous pont autoroute.

Oued Semar, point 3 (OSO3) : extrémité sud aéroport, pont sur route.

Le suivi de l'évolution spatio-temporelle a concerné les métaux lourds analysés, à savoir : le Cadmium (Cd), le Chrome (Cr), le Cuivre (Cu), le Manganèse (Mn), le Plomb (Pb), le Zinc (Zn), le Mercure (Hg) et le Fer (Fe).

Les analyses ont eu lieu pendant les basses eaux (Mai 2006) et les hautes eaux (janvier 2007).

Les résultats présentés dans les tableaux suivants (tableaux n°65,66) ont fait l'objet de représentations graphiques (fig.43-52).



Fig.n°42 : Réseau de surveillance des eaux du bassin versant de l'Oued El Harrach

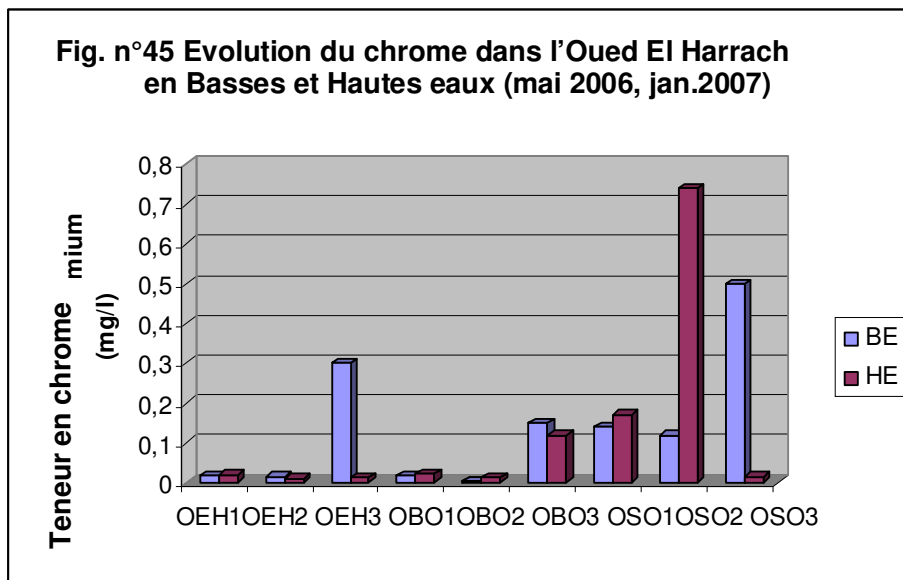
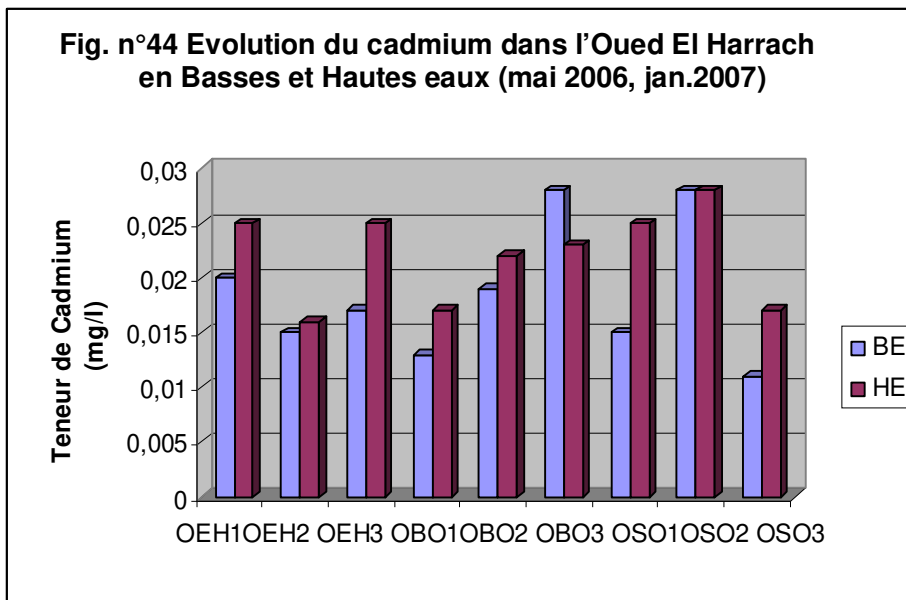
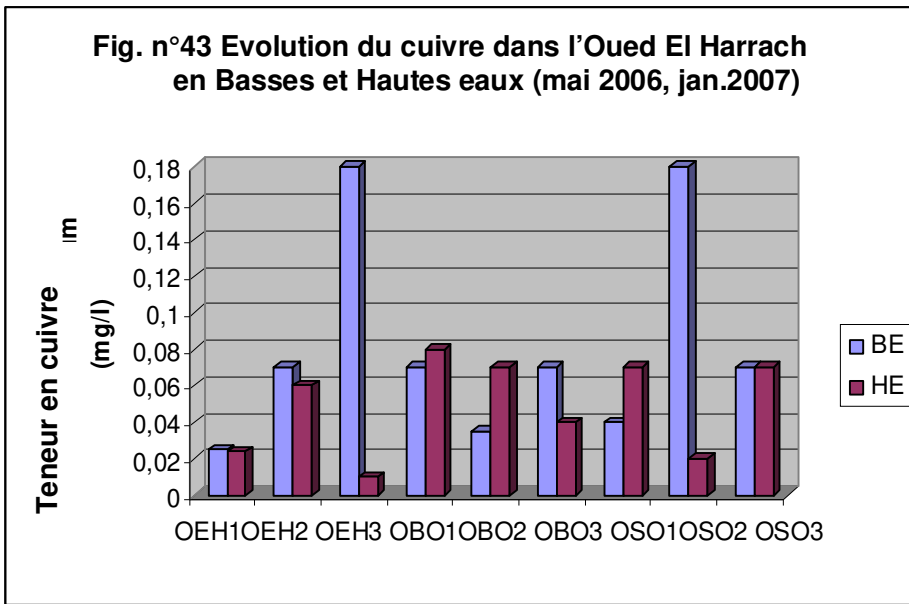
Tableau n°65 : concentrations des métaux lourds dans les eaux du bassin de l'Oued El Harrach (basses eaux, mai 2006)

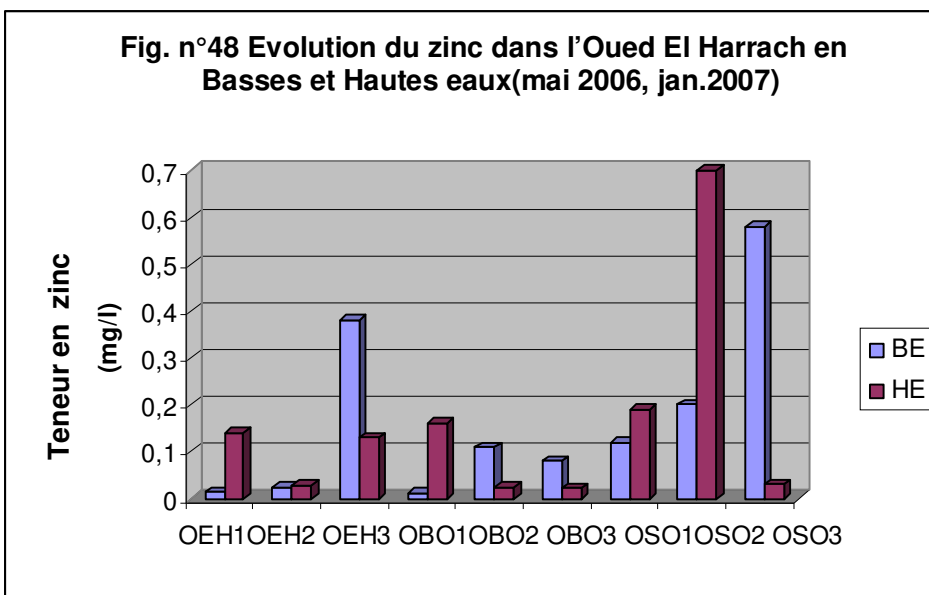
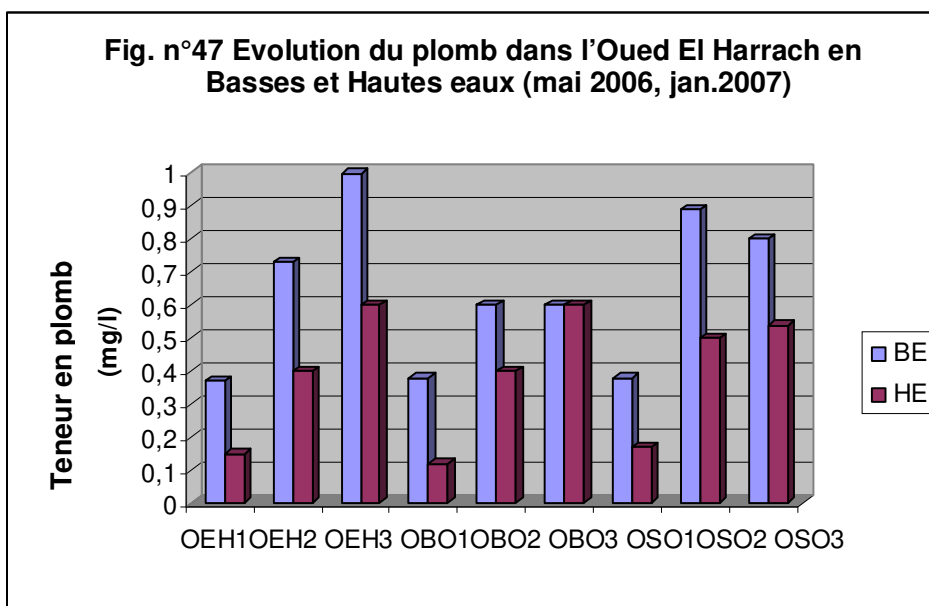
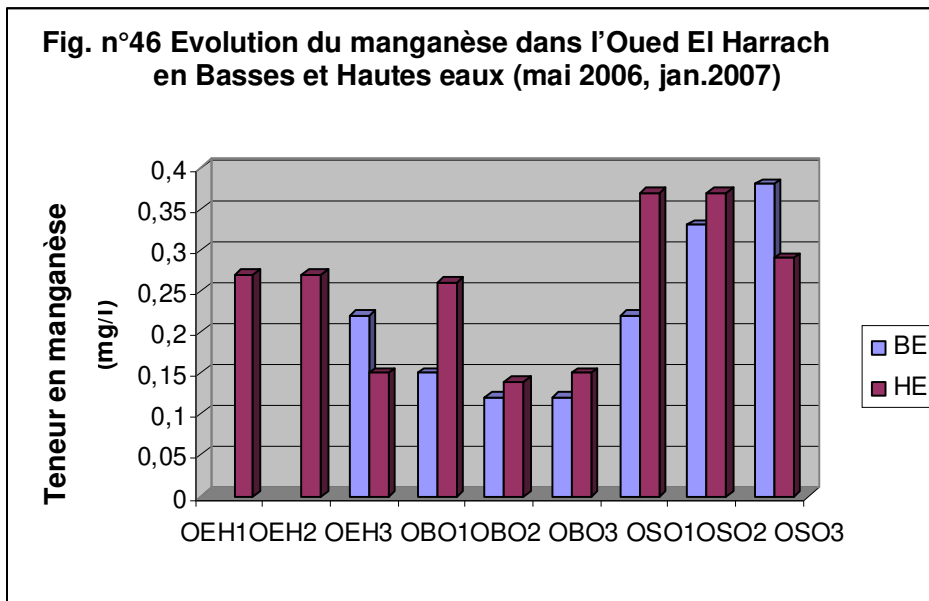
Station ID \ Paramètres (mg/l)	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Hg	Fe
OEH 1	0.02	0.018	0.025	- ^(*)	0.37	0.014	-	0.12
OEH 2	0.015	0.016	0.07	-	0.73	0.024	2.4	0.19
OEH 3	0.017	0.3	0.18	0.22	1	0.38	0.8	5.29
OBO1	0.013	0.018	0.07	0.15	0.38	0.012	6.71	0.69
OBO2	0.019	0.004	0.035	0.12	0.6	0.11	314	5.15
OBO3	0.028	0.15	0.07	0.12	0.6	0.08	4.9	0.46
OSO1	0.015	0.14	0.04	0.22	0.38	0.12	5.62	1.8
OSO2	0.028	0.12	0.18	0.33	0.89	0.2	0.8	3.14
OSO3	0.011	0.5	0.07	0.38	0.8	0.58	1.15	6.2

(*) : Manipulation infructueuse.

Tableau n°66 : concentrations des métaux lourds dans les eaux du bassin de l'Oued El Harrach (hautes eaux, janvier 2007)

Station ID \ Paramètres (mg/l)	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Hg	Fe
OEH 1	0.025	0.019	0.024	0.27	0.15	0.14	0.8	5.3
OEH 2	0.016	0.012	0.06	0.27	0.4	0.028	2.9	1.1
OEH 3	0.025	0.014	0.01	0.15	0.6	0.13	1.82	1.17
OBO1	0.017	0.022	0.08	0.26	0.12	0.16	0.8	6.4
OBO2	0.022	0.014	0.07	0.14	0.4	0.025	56	0.64
OBO3	0.023	0.12	0.04	0.15	0.6	0.022	1.15	0.14
OSO1	0.025	0.17	0.07	0.37	0.17	0.19	0.62	7.7
OSO2	0.028	0.74	0.02	0.37	0.5	0.7	2.9	13
OSO3	0.017	0.015	0.07	0.29	0.54	0.03	0.55	1.78





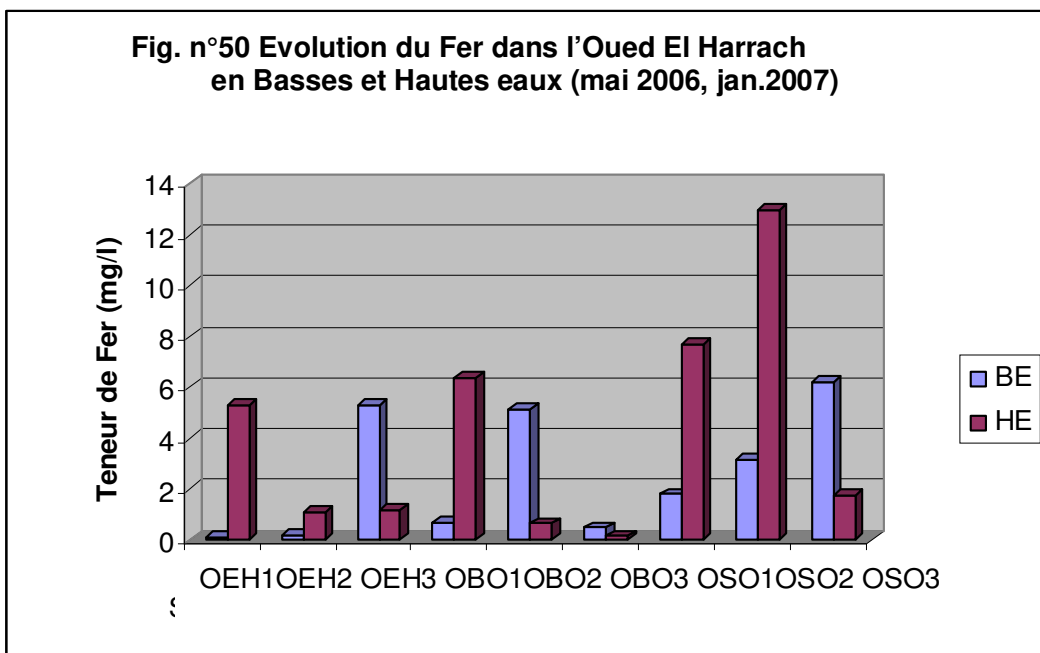
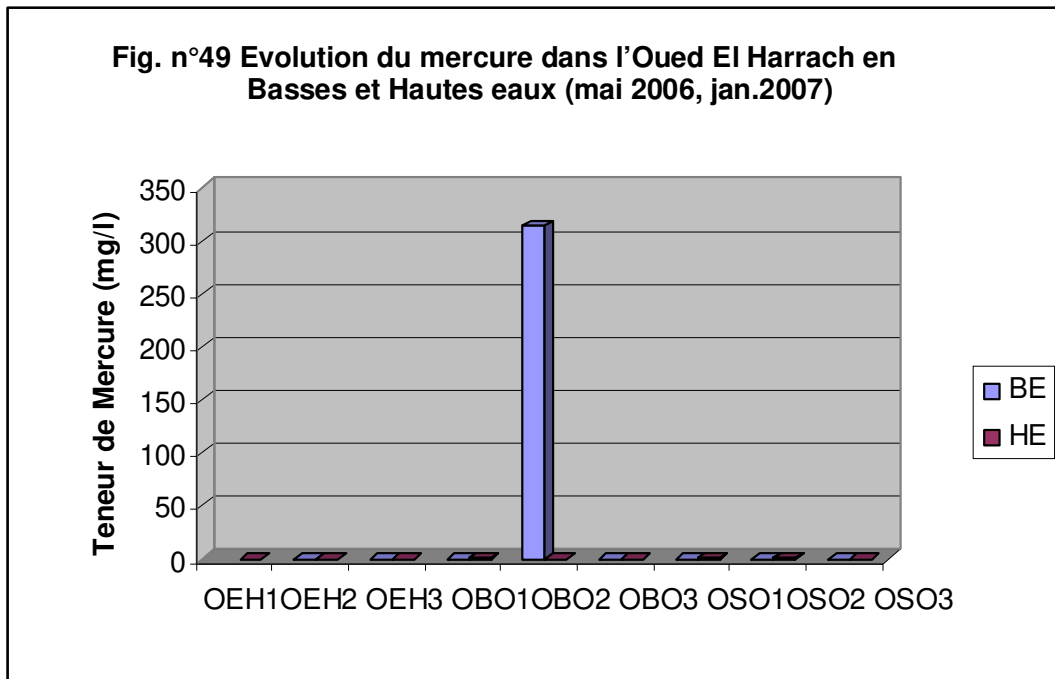


Fig. n°51 :Evolution des métaux lourds en basses eaux (mai 2006)

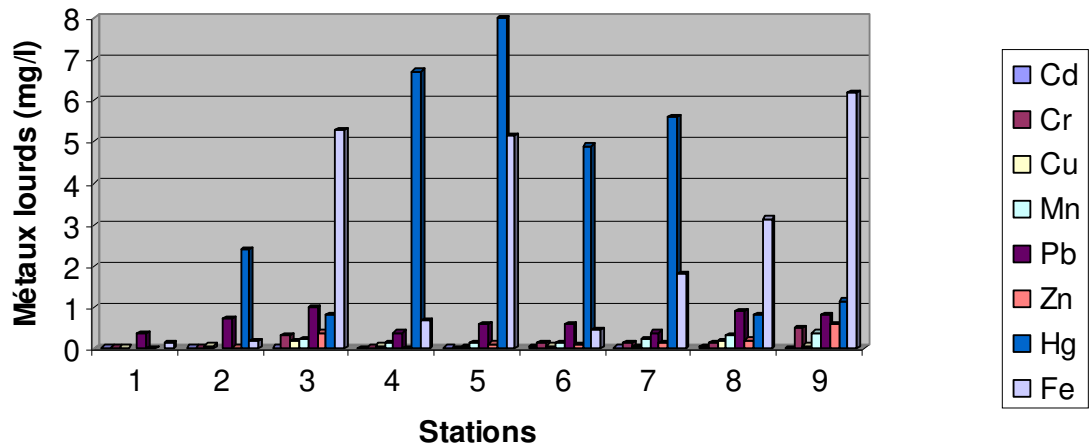
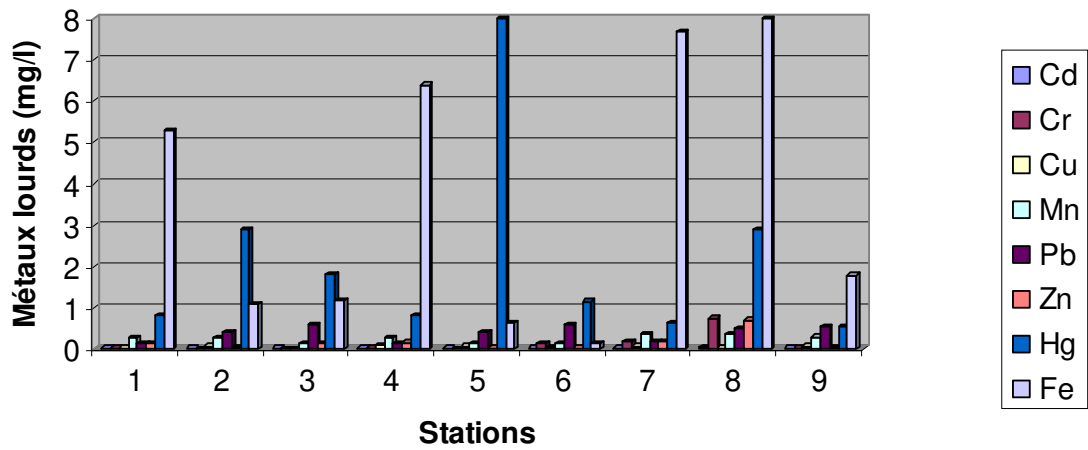


Fig. n°52 :Evolution des métaux lourds en hautes eaux (janvier2007)



I.8.2 Discussions des résultats et interprétations

L'examen des résultats énoncés ci-dessus dévoile un dépassement des normes algériennes de tous les métaux lourds analysés.

- Tout le long des points de prélèvements, les dépassements se répartissent comme suit:
 - **Chrome** : nous avons notés deux excédents au niveau des points OSO2 et OSO3 sur l'Oued Semar, il s'est révélé après l'enquête de terrain que les plus grands pollueurs sont les tanneries de cette zone industrielle, dont les rejets sont chargés en chrome.
 - **Plomb** : il a été décelé en 6 stations (OEH2, OEH3, OBO2, OBO3, OSO2, OSO3) de prélèvements sur les 9 existantes, et cela tout le long de l'Oued El Harrach et ses affluents, les premiers pointés des doigts sont les tanneries et l'usine ENPEC d'Oued Smar qui utilisent ce métal dans leur procédé de fabrication, ce qui rend leurs rejets chargés en plomb.
 - **Mercur**e : une concentration très notable de mercure a été détectée à la station OBO2 provenant de l'usine de Baba Ali (SOACHLORE du groupe GIPEC), qui utilise un procédé à Mercure très polluant avec un équipement très vétuste, ce qui est très risqué pour la région de Baba Ali et les localités avoisinantes.
 - **Fer** : Il a été détecté en 7 stations(OEH1, OEH3, OBO1, OBO2, OSO1, OSO2, OSO3) de prélèvements sur les 9 existantes, et cela tout le long de l'Oued El Harrach et ses affluents. Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que le Fer est un élément indésirable mais non toxique.
- Sur le plan temporel : il est logique de dire qu'en basses eaux les taux des métaux lourds sont supérieurs à la période des hautes eaux en raison des faibles débits en période d'étiage, cependant il existe des exceptions à cette règle, tel que le cas du taux de Fer de 13 mg/l en hautes eaux qui dépasse la valeur de 3,14 mg/l en basses eaux, trouvé dans la station OSO2, ce qui indique qu'il y a plus de rejets en période hivernale, qui proviennent de la zone industrielle de l'Oued Semar.

D'une manière générale, les résultats des analyses des échantillons prélevés dans l'Oued El Harrach, montrent que la qualité de l'eau de cet Oued semble être celle d'un égout à ciel ouvert.

I.9 Conclusion

Les résultats de l'étude hydrochimique des eaux superficielles de la Mitidja sur une série de plusieurs années d'analyse, nous ont permis de constater des variations du chimisme de l'eau de surface au cours du temps et dans l'espace et de ce fait, nous ont conduit à faire le constat suivant :

L'analyse des paramètres physico-chimiques et chimiques de ces eaux montre que le pH est dans les normes, par contre les minéralisations sont excessives. Les eaux sont généralement très dure et donc entartrantes. Cette minéralisation excessive notamment dans les oueds, est due aux rejets des eaux usées domestiques et industrielles, particulièrement dans l'oued El Harrach qui reçoit des rejets pratiquement à l'état brute, vue que de la station d'épuration de Baraki, est en réhabilitation depuis une longue période.

Selon les résultats du SAR et les conductivités, les eaux des barrages sont de moyenne salinité et représentent peu de dangers d'alcalinisation, cependant les eaux de l'Oued el Harrach et du Marais de Réghaïa renferment respectivement une forte à très forte salinité, représentant ainsi un danger pour l'alcalinisation des sols, notamment le marais dont les eaux sont utilisées pour l'irrigation. L'impossibilité de l'utilisation des eaux de l'oued El Harrach pour l'irrigation s'explique par les raisons qui vont être énumérées ci-après.

S'agissant du degré de pollution des eaux superficielles, l'analyse montre que :

Pour les matières oxydables : les eaux des barrages sont de qualité moyenne (50-90%) à bonne (90-100%) en oxygène dissous. Cependant elle est mauvaise (30-50%) dans le marais et très mauvaise (<30%) à l'oued el Harrach.

Quant aux matières organiques (DBO₅, DCO) : elles restent pratiquement bonnes (<5 mg/l, <20mg/l) pour tous les barrages ; Pour le marais, la qualité en DCO est très mauvaise (>50mg/l), elle est pratiquement moyenne (5-10mg/l) pour la DBO₅ et enfin elle reste très mauvaise (>15mg/l, >50mg/l) pour la DBO₅ et la DCO au niveau de l'oued el Harrach.

La qualité en matières azotés (NH₄, NO₂) pour les barrages reste généralement mauvaise (0,1-3mg/l) à l'exception du barrage du Hamiz et Boukerdane où elle est moyenne (0,01-0,1mg/l) ; Cependant les matières azotés au niveau du Marais sont très mauvaises (>3mg/l), ce qui nous laissent penser que le marais souffre d'une eutrophisation. Concernant l'oued el Harrach, les analyses de ces matières n'ont pas été effectuées, on pense qu'il ne fera pas exception vu dans l'état dans lequel il se trouve.

La qualité en nitrates reste pratiquement bonne (0-10 mg/l) pour toutes les eaux analysées.

Enfin concernant les matières phosphatées : pour les barrages la qualité oscille entre moyenne (0,01-0,1mg/l) à mauvaise (0,1-3mg/l) .Il a été même prouvé d'après l'ANRH, que pour le barrage de Keddara, les teneurs élevées étaient dues aux rejets d'eaux usés. Le marais quant à lui est de qualité mauvaise (0,1-3mg/l) en ces matières ce qui confirme son eutrophisation. Enfin l'Oued El Harrach est de qualité très mauvaise pour les matières phosphatés (>3mg/l).

Quant aux métaux lourds, les résultats montrent des dépassements épisodiques des normes notamment au niveau du Barrage de Keddara durant les années 1990,1992 et

1993 avec des taux respectivement de 1,1; 2,05 et 2,81mg/l, ce qui correspond à la période où il y a eu une contamination des eaux du barrage par les rejets d'eaux usées.

Cependant pour l'oued El Harrach, la pollution s'étend dans l'espace et dans le temps, en effet l'Oued El Harrach contient un bouillon de métaux lourds à savoir :

- le **Chrome** variant de 0,018 à 0,5 mg/l pour la période des hautes eaux et de 0,012 à 0,74 mg/l pour la période des basses eaux.
- Le **Plomb** variant de 0,37 à 0,89 mg/l pour la période des hautes eaux et de 0,12 à 0,6 mg/l pour la période des basses eaux.
- Le **mercure** quant à lui atteint des valeurs exceptionnelles variant de 0,8 à 314 mg/l pour la période des hautes eaux et de 0,55 à 56 mg/l pour la période des basses eaux, constituant un danger à cause de son aspect volatil pour les riverains et à la mer.
- Enfin le **fer** variant de 0,12 à 6,2 mg/l pour la période des hautes eaux et de 0,14 à 13 mg/l pour la période des basses eaux

Ceci confirme son appellation d'égout à ciel ouvert.

chapitre 02

Qualité et pollution

des eaux souterraines

II.1 Introduction

L'objet de ce chapitre, est de dresser un bilan des connaissances actuelles sur la qualité et les concentrations des divers éléments chimiques dans les eaux souterraines. Cette approche est fondée sur l'analyse des échantillons prélevés de tous les champs de captages (103 puits et forages) gérés par la société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL) sur la période 2004-2011, ainsi que 43 forages et puits de l'ANRH sur la période 1999 à 2011. L'emplacement des points de prélèvement est schématisé dans la figure n°53.

II.2 paramètres physico-chimiques

L'analyse du tableau n° 67 nous permet de faire le constat suivant :

➤ PH :

L'analyse des valeurs du PH sur le période étudiée (1999-2011), montre, qu'elles varient de **6,5 à 8,5**, ces données sont dans les normes des eaux naturelles.

➤ Conductivité:

Les valeurs élevées de la conductivité sont mauvaises pour la consommation, l'OMS a fixé 1000 $\mu\text{s/cm}$ comme valeur limite de la conductivité admissible dans l'eau de boisson.

L'investigation des données montrent que les valeurs varient de **250 à 1180** $\mu\text{s/cm}$, nous passons ainsi d'une conductivité moyenne accentuée à excessive, ce qui pourrait être due à l'intrusion marine ou une irrigation près des côtes sans système de drainage..etc.

Tableau n°67 : paramètres physico-chimiques des eaux souterraines

Forages et puits	Période	PH	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)
Min	1999-2011	6,5	250
Moy		7,2	700
Max		8,5	1180

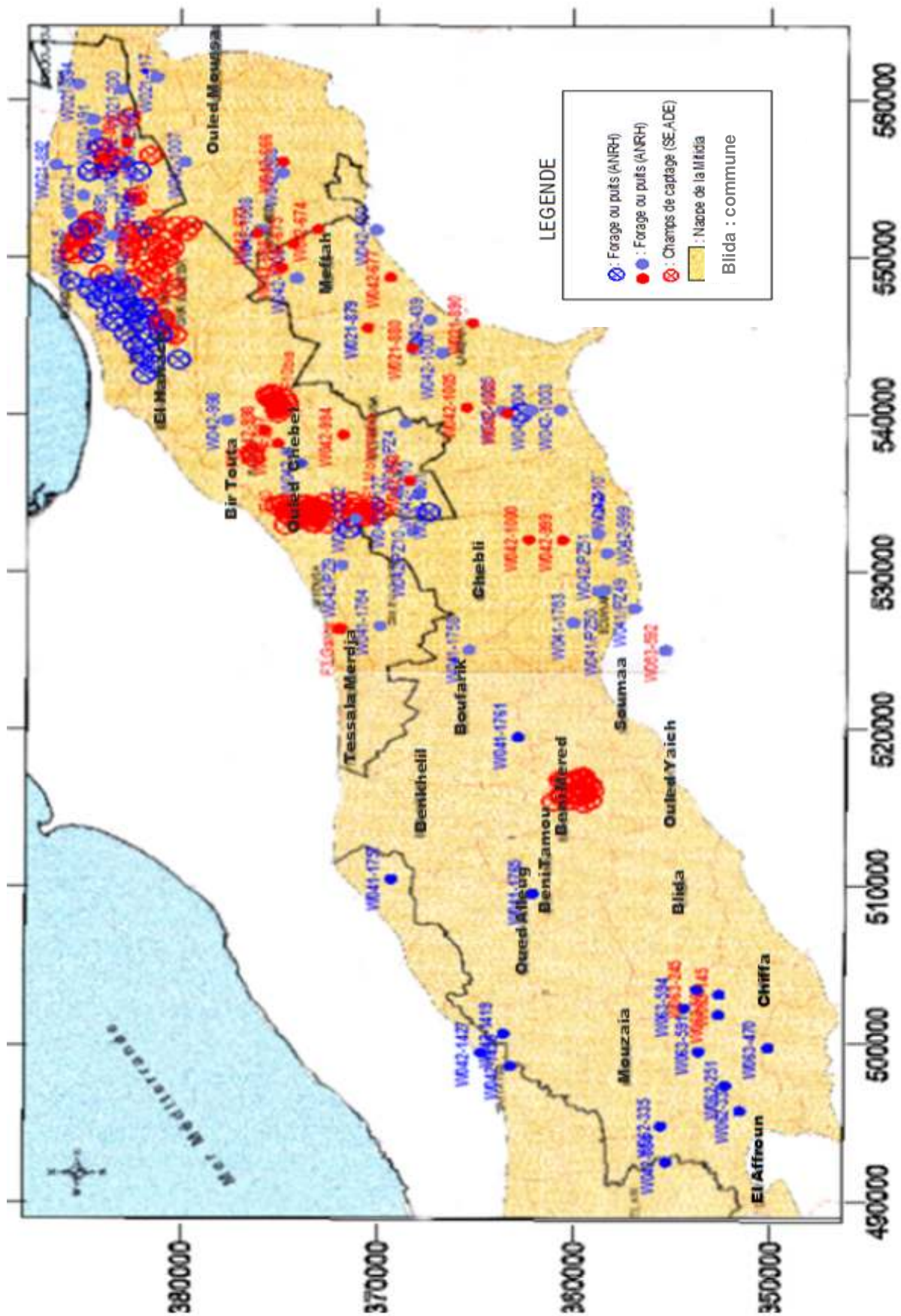


Figure n°53 : Situation des points de prélèvements des forages (ANRH,SE.ALE)

Les différentes concentrations minimales et maximales de ces éléments dans les eaux analysées sont consignées dans le tableau ci-dessous. (Tab.68), dont l'examen fait ressortir les observations suivantes :

Tableau n°68 : paramètres chimiques des eaux souterraines (1999-2011)

Elément chimique	Période	Min-Moy-Max (mg/l)
Calcium (Ca)	1999 - 2011	7-178-423
magnésium (Mg)		4-59-145
sodium (Na)		10-112-340
potassium (K)		0-3-8
chlorure (Cl)		17-322-833
sulfates (SO ₄)		8-241-705
Nitrates (NO ₃)		1-82-300
Carbonates (HCO ₃)		61-414-669

➤ **Cations :**

- **Ca** : Les concentrations en calcium varient de **7** à **423** mg/l, ces valeurs dépassant ainsi les normes OMS, soit 15% des valeurs (200 mg/l), quant à la moyenne, elle est de **178** mg/l.
- **Mg** : Les teneurs en magnésium varient de **4** à **145** mg/l, avec une moyenne de 59 mg/l, ces valeurs restent dans les normes admissibles < (200 mg/l),
- **Na** : Les quantités en sodium varient de **10** à **340** mg/l, quant à la moyenne elle est de **112** mg/l, ces valeurs dépassant ainsi les normes homologués par l'OMS (200 mg/l), on assiste pour cet ion à des concentrations dépassant largement les normes OMS. Ceci pourrait être dû surtout à l'intrusion marine et l'agriculture, ces dépassements des normes n'est enregistré, que pour seulement 3,75% de l'échantillon.
- **K** : Les concentrations en potassium varient de **0** à **8** mg/l, avec une moyenne de **3** mg/l, restant largement dans les normes admissibles < (10 mg/l).

➤ **Anions :**

- **Cl** : Les teneurs en chlorures varient de **17** à **833** mg/l, dépassant ainsi les normes OMS (500 mg/l), quant à la moyenne, elle est de **322** mg/l. Cependant ce dépassement n'est observé que pour quelques rares valeurs, soit 1,5%, ce dépassement pourrait être dû à la contamination des eaux par l'eau de mer (intrusion marine notamment dans la baie d'Alger [31]).
- **SO₄** : les proportions en sulfates varient de **8** à **705** mg/l, et dépassent les normes OMS, avec une moyenne de **241** mg/l, ce dépassement n'es que pour des rares valeurs observées soit 3,5%.
- **NO₃** : Les concentrations en nitrates varient de **1** à **300** mg/l, dépassant la valeur limite de 50 mg/l et ce, pour 61% des échantillons, quant à la moyenne elle est de **82** mg/l.

- **HCO₃** : les quantités de bicarbonates varient entre **61** à **669** mg/l, avec une moyenne de **414** mg/l, cependant il n'existe aucune restriction sur cet élément.

Remarque : il est à noter que les valeurs des cations et anions de la partie orientale de la Mitidja influencent nos interprétations sur la zone d'étude, en raison de leurs excessivités, en effet, ils témoignent de l'ampleur de l'intrusion marine et de la pollution par les nitrates.

II.3 paramètres de pollution

II.3.1 Nitrates

La pollution des eaux souterraines par les nitrates constitue toujours une préoccupation essentielle.

Dans le souci de suivre l'évolution du taux des nitrates dans la nappe alluviale de la Mitidja, l'ANRH a procédé à des prélèvements périodiques d'échantillons d'eau pour analyse et ce depuis 1985 à ce jour. Néanmoins la période 1992-1996 n'a pas été suivie pour des raisons sécuritaires.

◆ Période 1985 – 1991

D'après les résultats des analyses des échantillons d'eau prélevés entre 1985 et 1991, les teneurs en nitrates enregistrées varient de **8** à **26 mg/l** en période des hautes eaux, et de **40** à **287 mg/l** lors des périodes de basses eaux.

Ces fortes teneurs en nitrates ont été enregistrées dans les zones suivantes :

- **40 à 200 mg/l** : entre l'oued Hamiz et l'oued Réghaïa,
- **275 mg/l** : aux environs de Bab Ezzouar,
- **50 à 250 mg** : au nord de Khemis El Khechna,

◆ Période 1997 – 2000 :

- **65 à 190 mg/l** : dans la région comprise entre Benzerga et Réghaïa en passant par Rouïba et Ain Taya :
- Les analyses ont montré que durant l'année 2000, les concentrations de nitrates ont augmenté par rapport aux années précédentes (supérieure à **100 mg/l**), à cause de la surexploitation de la nappe, au regard de la sécheresse de cette période et l'accumulation de la contamination.

◆ Période 2000-2011

Une campagne de contrôle en 2008 a été faite par les services de la SEAAL qui a mis en évidence des dépassements de la norme OMS, à savoir :

Champ de captage de baraki (F65-18) : **56,06** mg/l, champ de captage de birkhadem (Forage 01) : **67,88** mg/l, champ de captage Boureah(f18) : **202,52** mg/l, champ de captage de Mhalma (MH3) : **209,95** mg/l et champ de captage de Ouled chebel (F1 Chaibia) : **141,35** mg/l.

Ceci montre clairement l'ampleur de la pollution par les nitrates au niveau de la Mitidja dans l'espace et dans le temps surtout dans la partie Est mis en relief par plusieurs campagnes de mesures. .

II.3.2 Paramètres microbiologiques

S'agissant des paramètres microbiologiques, de 2005 à 2011, aucune contamination n'a été décelée au niveau des champs de captage de la SEAAL, quant au puits de l'ANRH comme ils ne sont pas protégés, un cas isolé de contamination fécale (puits W042-439) situé à Haouch Flit a été identifié et fait l'objet d'une surveillance particulière.

II.4 Classification des eaux souterraines de la Mitidja

Le suivi de la qualité des eaux souterraines de la Mitidja s'est fait d'une manière rigoureuse. Pour ce faire nous nous sommes basés sur le choix de l'année et des forages à étudier :

- L'année 2011 étant donné que c'est la plus récente, aussi il n'était pas possible de le faire sur une série de plusieurs années en raison de la fluctuation du chimisme des eaux d'une année à une autre et des limites des méthodes de classification des eaux, dites classiques (voir [4]) ;
- Le choix des forages ou puits s'est basé sur :
 - o la présence effective de forage (en cours d'exploitation),
 - o l'existence de toutes les données nécessaires, s'étalant de 1999 à 2011, et la répartition spatiale des forages ou puits couvrant la zone étudiée.

En fonction de ces critères nous avons arrêté 28 forages pour la campagne de 2011, ces derniers sont positionnés sur la figure n°53.

II.4.1 Etablissement des formules caractéristiques selon Stabler

Les formules caractéristiques des eaux analysées sont obtenues à partir des quantités en réaction (r%) des différents ions.

Les faciès chimiques des eaux obtenus (voir tableau n°69) se rapportent aux familles suivantes :

- Bicarbonaté calcique : 55,55 %;
- Chloruré calcique : 25,91 %;
- Sulfaté calcique : 18,50 %.

Tableau n°69 : formules caractéristiques selon Stabler (campagne 2011)

Type de faciès	Groupe	Formules caractéristiques	Pourcentage	Fortes teneurs	Points d'eau
Bicarbonaté calcique	01	rHCO ₃ >rSO ₄ > rCl> rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	3,7%	HCO ₃ Ca	W042-1010
	02	rHCO ₃ >rSO ₄ > rNO ₃ >rCl rCa> rNa > rMg >rK	3,7%	HCO ₃ Ca	W042-439
	03	rHCO ₃ >rSO ₄ > rCl> rNO ₃ rCa>rMg> rNa>rK	18,52%	HCO ₃ Ca	W042-1000 W042-1003 W042-450 W042-688 W063-593
	04	rHCO ₃ > rCl> rSO ₄ > rNO ₃ rCa>rMg> rNa>rK	18,52%	HCO ₃ Ca	F 4 F 1 Mohammadia, F 63 W021-891 W063-596
	05	rHCO ₃ > rCl> rSO ₄ > rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	11,11%	HCO ₃ Ca	W021-417 F 3 Deroux, Fge 13 les vergers
chloruré calcique	01	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄ > rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	11,11%	Cl Ca	W021-192 F 2 Deroux
				HCO ₃ Ca	F10(H.B)
	02	rCl>rSO ₄ >rHCO ₃ > rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	3,7%	Na Cl	W021-894
	03	rCl> rSO ₄ > rHCO ₃ >rNO ₃ rCa> rMg >rNa >rK	3,7%	Cl Ca	F 3 Garça
04	rCl> rHCO ₃ >rSO ₄ > rNO ₃ rCa> rMg >rNa >rK	7,4%	HCO ₃ Ca	F 10 Bis F 1	
Sulfaté calcique	01	rSO ₄ > rHCO ₃ > rCl> rNO ₃ rCa> rMg >rNa >rK	3,7%	HCO ₃ Ca	F 3
	02	rSO ₄ >rHCO ₃ > rCl> rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	7,4%	HCO ₃ Ca	W042-997 W021-5
	03	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃ > rNO ₃ rCa> rNa > rMg >rK	7,4%	HCO ₃ Ca	W062-193 W062-251

II.4.2 Classification des eaux sur le diagramme losangique de Piper

Cette classification consiste à reporter dans chaque triangle du diagramme les quantités en réaction de chaque anion et cation (fig. n°54).

L'introduction des résultats de l'analyse chimique des eaux souterraines, montre une tendance vers le pôle chloruré et bicarbonaté pour les anions ; Tandis que les cations donnent une attraction vers le pôle calcique et sodique.

Les points projetés sur le losange donnent deux classes d'eau :(fig.n°54).

- Eaux chlorurées, sulfatées calciques et magnésiennes (47,44%).
- Eaux bicarbonatés calciques et magnésienne (52,56%).

Remarque : Vu que les autres points sur le graphe, ne présentent pas de dominance, ils sont exclus dans le calcul des pourcentages.

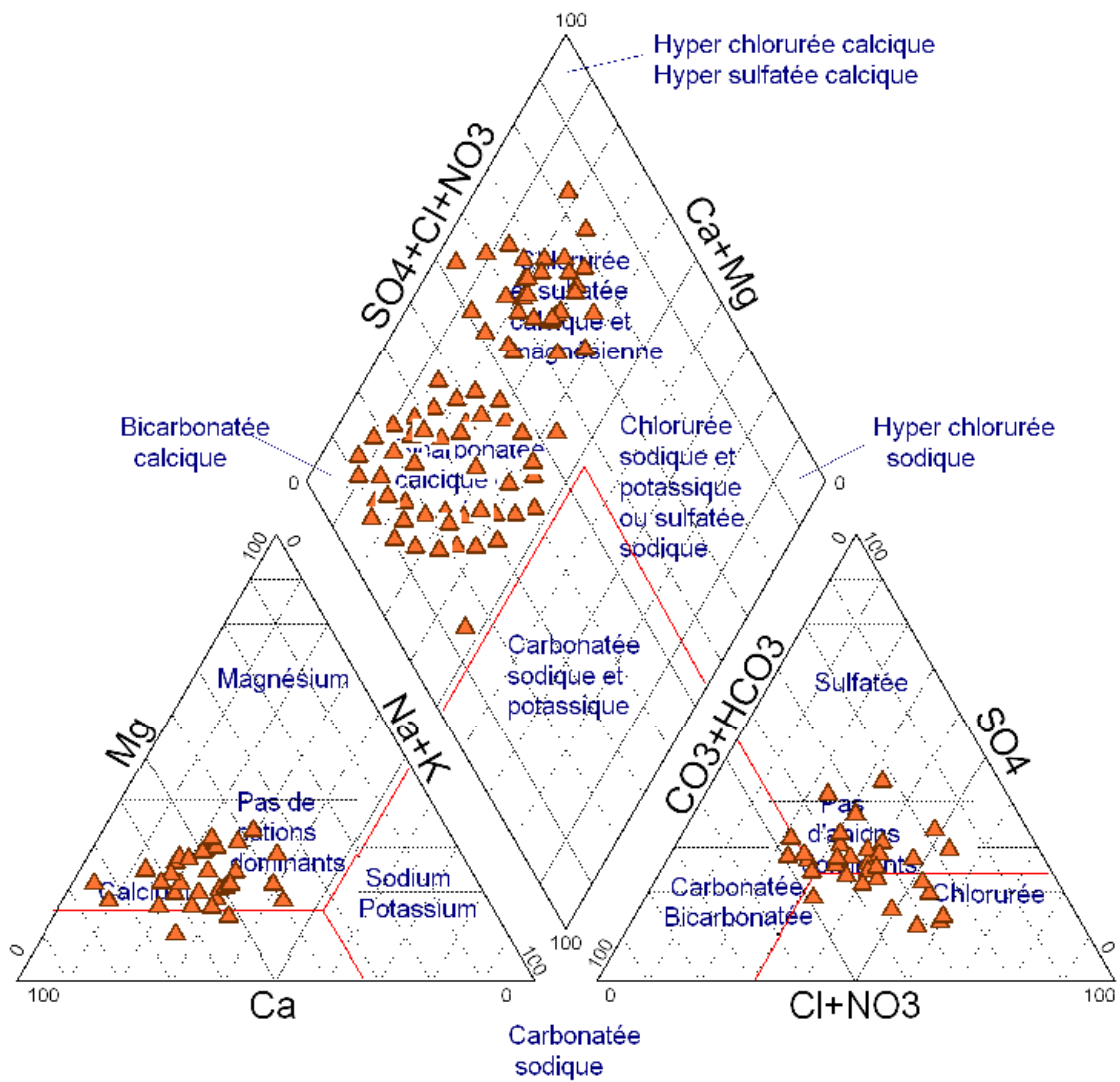


Fig. n°54 : Diagramme de piper pour les eaux de la nappe de la Mitidja (campagne 2011)

II.4.3 Classification des eaux sur les diagrammes verticaux (Schoeller-Berkaloff)

Elle permet de définir le faciès chimiques, de représenter le PH d'équilibre et le CO₂ libre (mg/l) à l'aide d'une lecture à partir d'une échelle semi-logarithmique, avec des valeurs minimum et maximum. Nous avons retenue 3 faciès : (figures n°55-57)

- bicarbonaté calcique : 53,85%.
- chloruré calcique : 26,92%.
- sulfaté calcique : 19,23%.

De la comparaison entre les résultats des 3 méthodes classiques, nous remarquons qu'ils sont très rapprochés les uns des autres.

Il faut savoir en outre que les résultats des méthodes des diagrammes de Piper et Schoeller-Berkaloff ont pu être obtenus en utilisant le logiciel d'hydrochimie (diagrammes) développé par l'université d'Avignon en France.

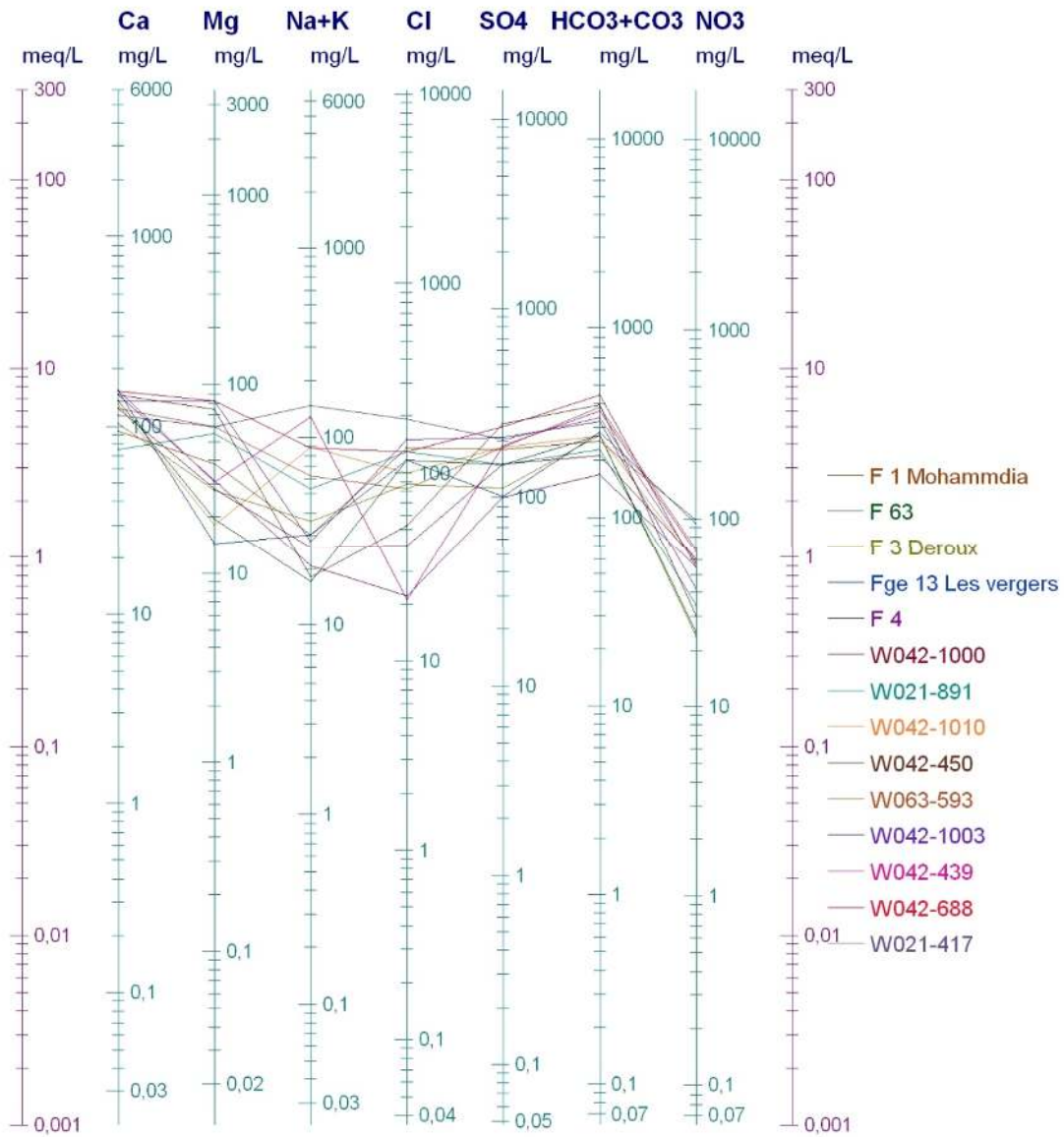


Fig. n°55 :Faciès bicarbonaté calcique selon le diagramme de Schoeller Berkaloff

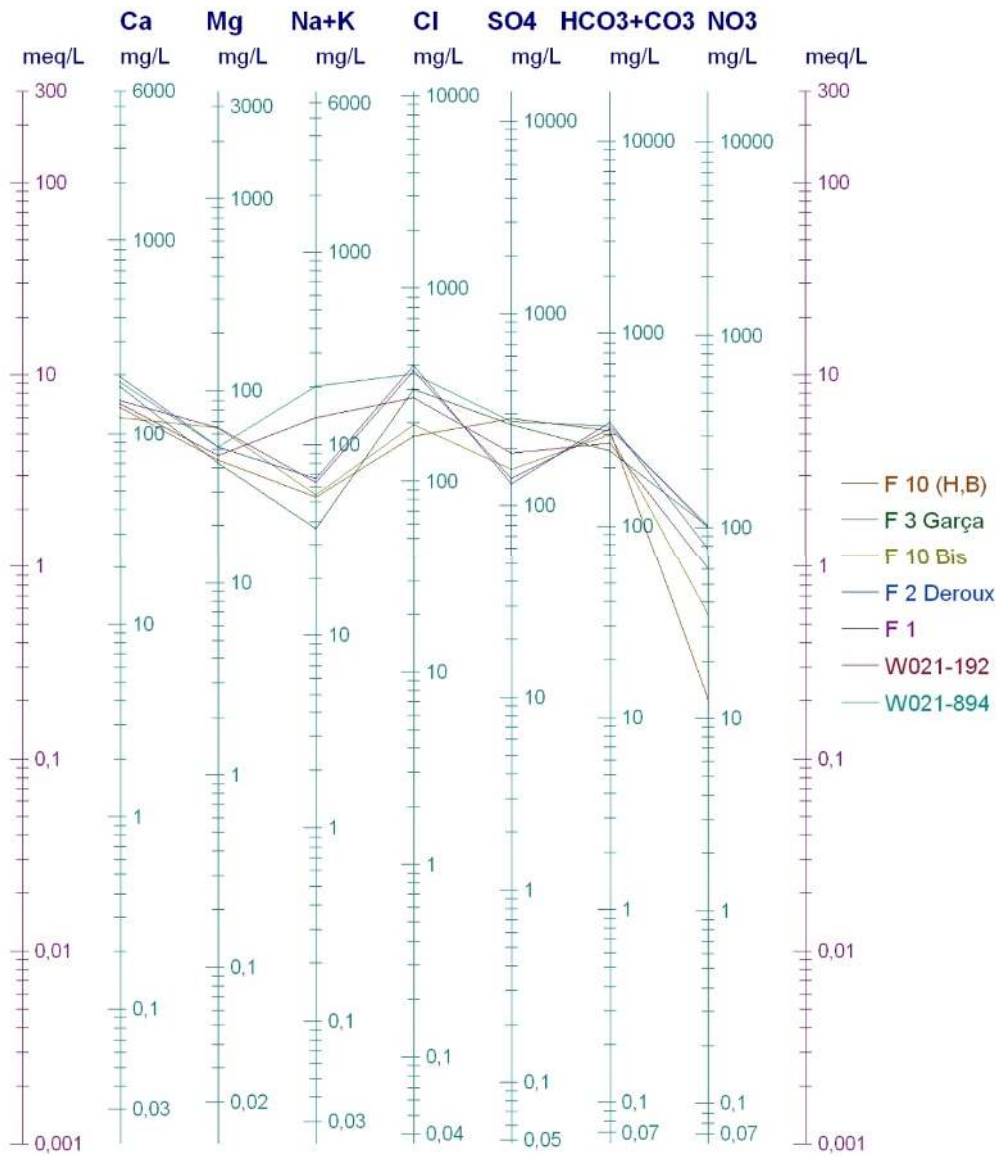


Fig. n°56 : Faciès chloruré calcique selon le diagramme de Schoeller Berkloff

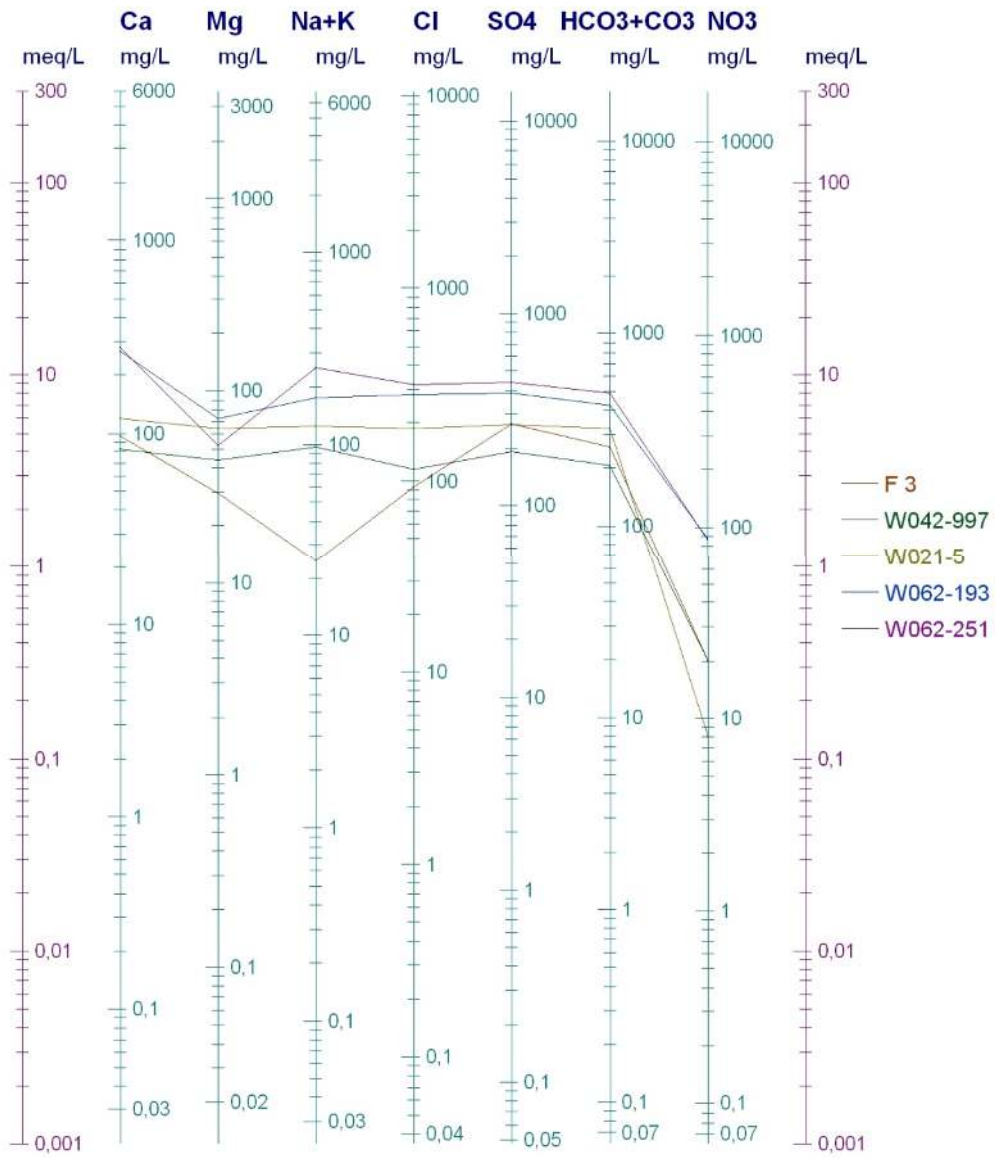


Fig.n°57 : Faciès Sulfaté calcique selon le diagramme de Schoeller Berkaloff

II.5 Caractéristiques chimiques des eaux de la Mitidja

II.5.1 Agressivité ou incrustance des eaux de la Mitidja

Pour connaître le caractère agressif ou incrustant des eaux, il faut comparer le PH d'équilibre obtenu par le diagramme de Schoeller-Berkaloff avec le PH mesuré (donné directement par le logiciel diagrammes). Nous remarquons que la majorité des eaux analysées ont des valeurs de PH d'équilibre inférieures à celles mesurées (in situ). De ce fait il existe un risque de dépôts de carbonates de calcium dans les conduites, ces eaux se répartissent de la manière suivante :

- 61% des eaux sont incrustantes (basiques).
- 34,78% des eaux sont agressives (acides).
- 4,12% des eaux sont équilibrées.

II.5.2 Dureté ou Degré Hydrométrique (°dh)

C'est un paramètre qui représente la concentration de calcium et magnésium (alcalino-terreux) avec les chlorures, sulfates et bicarbonates.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant (tableau n°70).

Ils ont également fait l'objet d'une représentation graphique (fig.58).

Tableau n°70: Dureté des eaux en pourcentage

La dureté ou (°d h) en (°F)	Pourcentage des échantillons (%)
Douce (0 – 7)	0
Modérément douce (7–22)	18,23
Assez douce (22 – 32)	0
Dure (32 – 54)	61,56
Très dure > 54	20,21

De ces résultats ressort que, les eaux de la Mitidja présentent une dureté allant de Modérément douce à très dure.

En effet, les eaux très dures se rencontrent surtout :

- Dans les zones de Bordj El Kiffan, Rouïba et Réghaïa, El Harrach jusqu'à Meftah;
- Au niveau de l'Arbaa ;
- Au niveau de la zone comprise entre oued El Harrach et oued Fatis.
- Dans la zone de confluence de l'oued Djer et l'oued Bouroumi ;

Une dureté modérément douce entre oued chiffa et oued boufatis, tandis que partout ailleurs les eaux sont dures.

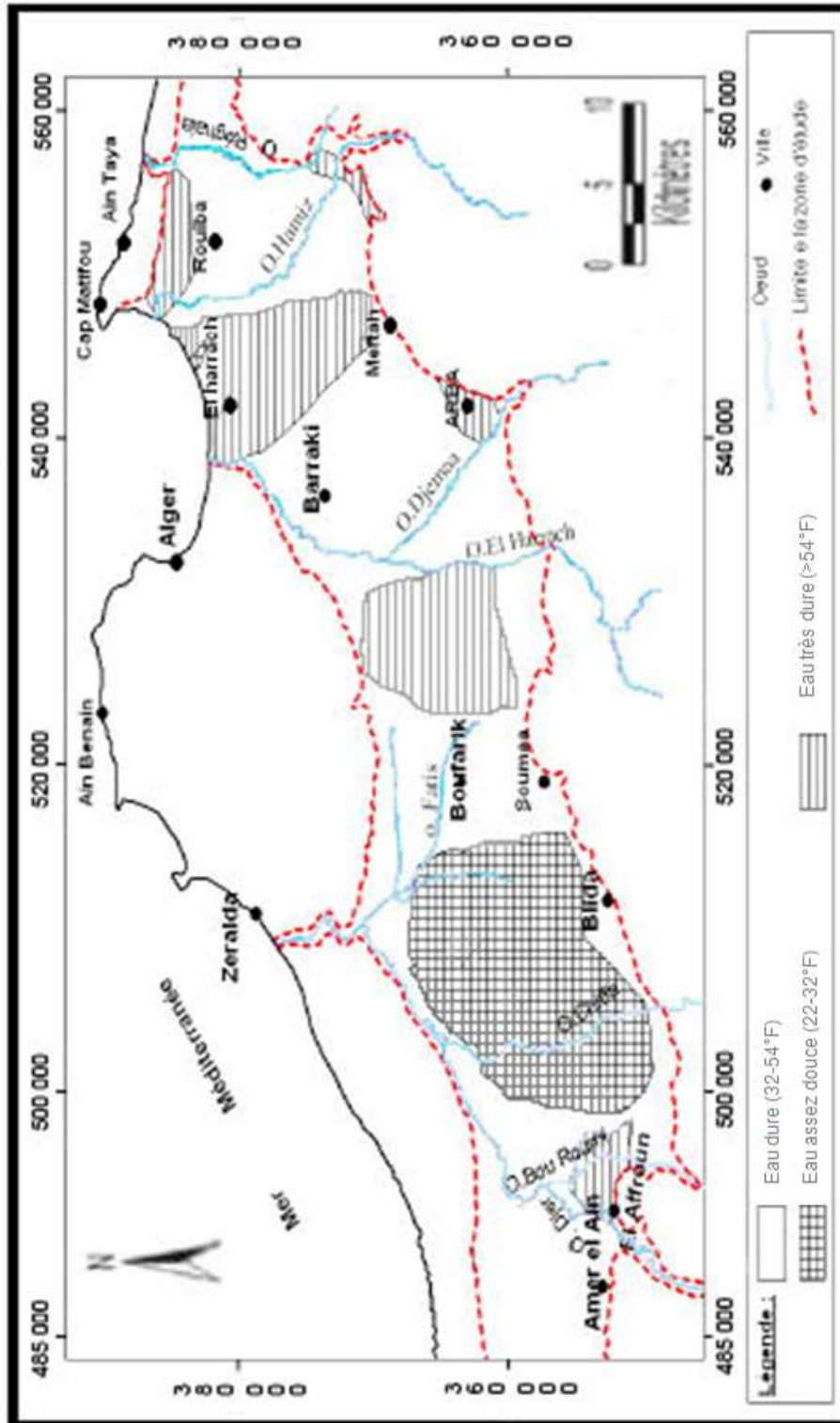


Fig.n°58: Carte de classes de Dureté (°F) des eaux souterraines (compagne 2011)

II.5.3 Indice d'échange de base : (i e b)

L'indice d'échange de base (i.e.b) ou indice d'équilibre chloruré alcalin, établi par [70], donnée par la formule suivante :

$$i.e.b = \frac{r_{Cl^-} - r(Na^+ + K^+)}{r_{Cl^-}} \quad \text{où : Cl, Na, K : en mg/l}$$

Il caractérise le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existant dans l'eau.

D'après Schoeller:

Si $i.e.b > 0$: le Na de l'eau est échangé contre le Ca et Mg de la formation.

Si $i.e.b < 0$: le Ca et Mg sont échangés contre le Na du terrain.

Si $i.e.b = 0$: Il n'y a pas d'échange ionique entre la roche et l'eau (état d'équilibre).

Le tableau suivant regroupe les valeurs des (i.e.b) et des (S.A.R) obtenues pendant l'année 2011.

De l'examen du tableau n°71, on remarque que près de 68 % des échantillons analysés présentent un $i.e.b > 0$, cela correspond à un échange du Sodium de l'eau contre le Ca et Mg de la formation. Tandis que 32% des échantillons ayant un $i.e.b < 0$ reflètent un échange entre le Ca et Mg de l'eau contre la Na du terrain situés dans les localités Rouiba est, H.Flit, Bouréah, H. Bellabes et El Affroun).

Cette variation des signe de l'i.e.b est expliquée par la variation spatiale des éléments chimiques dans l'eau et aussi due aux spécificités des conditions hydrogéologiques du réservoir (pression, température..etc)

Tableau n°71 : valeurs de l'i.e.b et le SAR (campagne 2011)

Forages ou puits	i.e.b	SAR (mg/l)
F 4	0,640	2,91
F 10 (H,B)	0,522	5,54
F 1 Mohammdia	0,658	3,53
F 3 Garça	0,816	3,31
F 63	0,788	1,66
F 10 Bis	0,578	5,45
F 3	0,604	2,85
F 2 Deroux	0,746	5,82
F 3 Deroux	0,386	4,14
F 1	0,749	5,58
Fge 13 Les vergers	0,606	3,11
F 4 (3 caves)	-0,357	1,87
W042-1000	0,052	2,76

Forages ou puits	i.e.b	SAR (mg/l)
W063-596	0,556	4,96
W021-891	0,380	6,29
W042-1010	-0,369	10,14
W042-997	-0,303	12,11
W042-450	0,488	1,53
W063-593	-0,167	6,36
W042-1003	0,722	2,49
W042-439	-8,417	13,18
W042-688	-0,036	7,94
W021-5	-0,022	12,86
W021-417	-0,166	15,42
W021-192	0,209	13,91
W021-894	0,153	18,02
W062-193	0,051	13,27
W062-251	-0,214	19,02

II.5.4 Classification selon l'aptitude des eaux à l'irrigation

Pour estimer l'aptitude des eaux à l'irrigation, nous avons employé le diagramme de Wilcox qui met en relation la conductivité électrique à 25 °C et le sodium adsorption ratio (S.A.R).

Les résultats ont donné la représentation graphique (fig.59). D'après le graphe, on constate que 89% des valeurs de nos échantillons sont dans la zone : **C₃S₁**, ainsi ces eaux sont de forte salinité et utilisées avec peu de danger d'alcalinisation des sols.

Par contre 11% de nos échantillons sont dans la zone : **C₄S₁** ainsi ces eaux sont de très fortes salinités et utilisées avec peu de danger d'alcalinisation des sols (valeurs de SAR faibles), situé sur l'axe Rouiba-Réghaïa et au niveau de la zone de confluence entre Oued.Bou Roumi et Oued. Djer. Ces eaux peuvent être dangereuses pour l'irrigation.

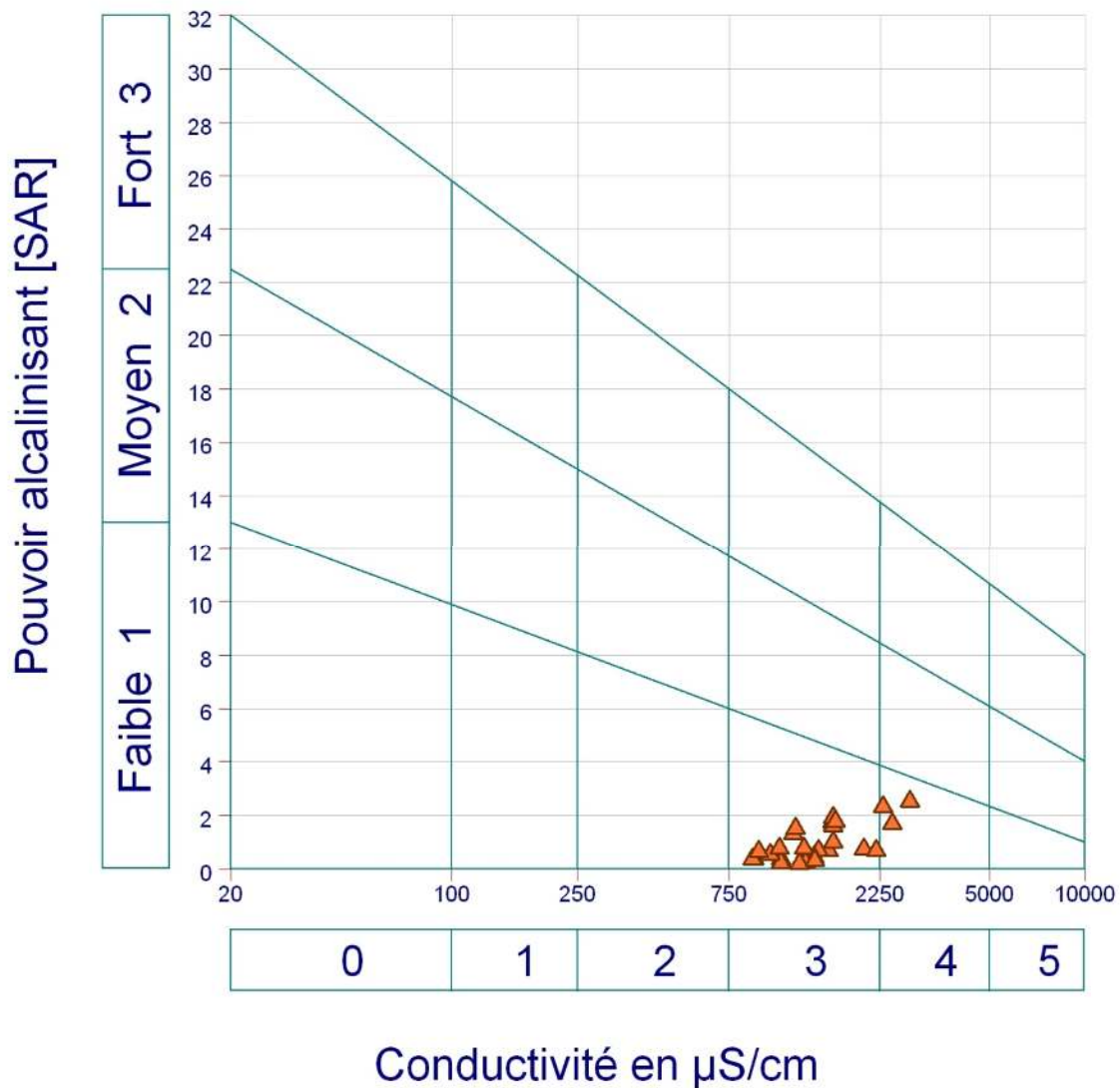


Fig n°59 :Diagramme de Wilcox (classification des eaux pour l'irrigation)

II.6 Evolution et répartition spatiale des faciès chimiques

La Figure n°60, représente une répartition spatiale des différents faciès chimiques étudiés, à savoir :

➤ Le faciès Bicarbonaté Calcique :

Ce faciès occupe la plus grande partie de la Mitidja (55% des échantillons analysés). Il s'étale depuis l'Oued El Hamiz à l'Est jusqu'à l'Oued Djer à l'Ouest.

La présence de ce faciès, montre qu'il y a une circulation des eaux dans les alluvions grossières (graviers, galets) avec une forte possibilité de provenance de roches calcaires.

➤ **Le faciès Chloruré Calcique :**

Ce dernier est rencontré principalement au Nord de la Mitidja ,pratiquement le long du littoral au niveau de la baie d'Alger sur l'axe suivant Bordj El Kiffan–Réghaïa. On rencontre également un peu partout tel que : Rouiba, Haouch flit et du côté de Birtouta. Ces eaux sont trop minéralisées, ceci pourrait être dû à l'influence de l'intrusion marine qui est bien installée ainsi que des pollutions industrielles qui ne sont pas à négliger.

➤ **Le faciès Sulfaté Calcique :**

C'est le faciès le moins répandu dans la zone située dans le champs de captage d'El Hamiz, au sud-est de Baraki, au nord de l'oued djer et El Affroun.

La présence de ce faciès indique une contamination par une pollution d'origine agricole ou industrielle, mais également par les roches gypsifères traversées par ces eaux.

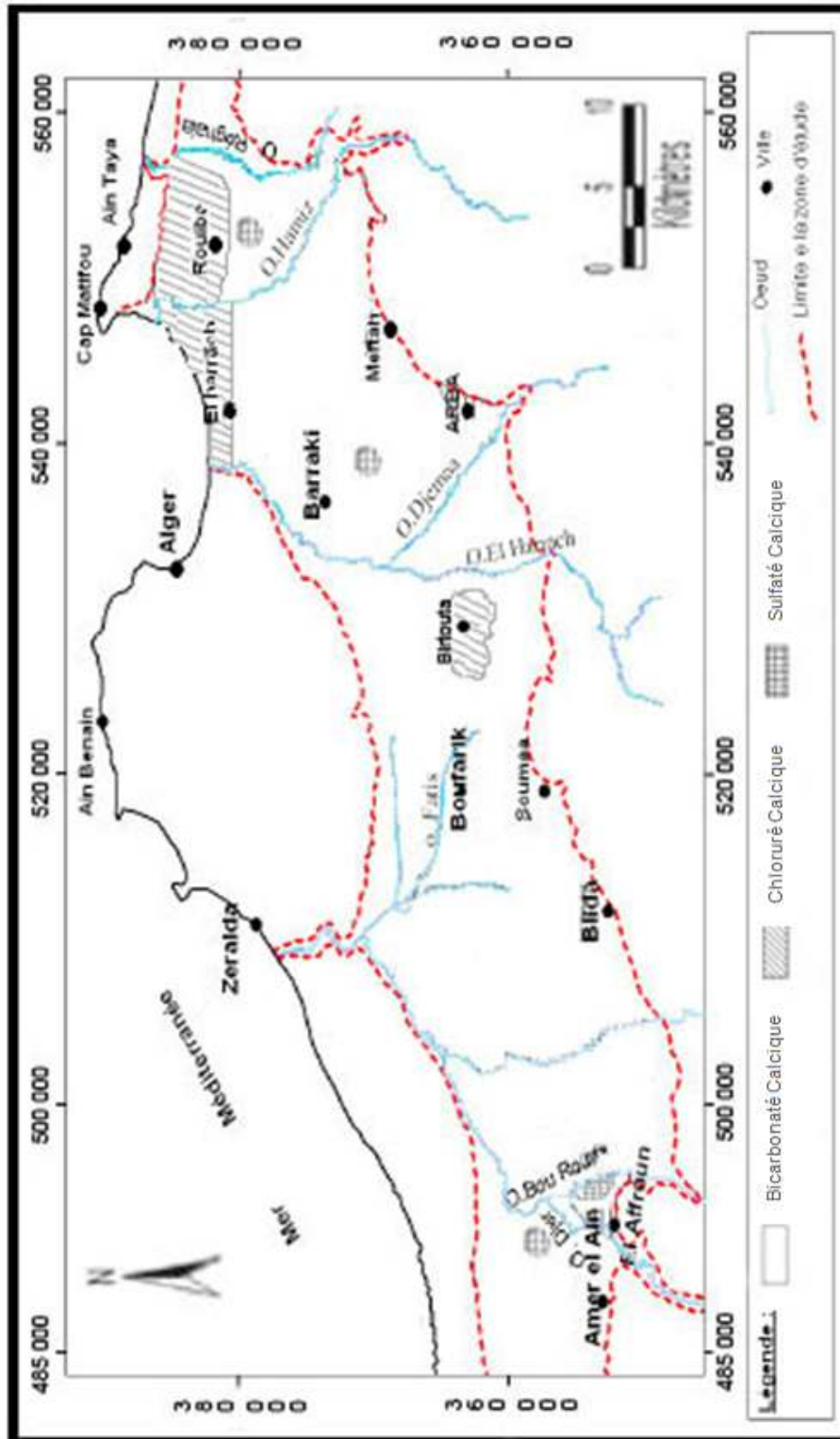


Fig.n°60 : répartition des faciès chimiques dans la Mitidja

II.7 Analyse en composantes principales (ACP)

L'objectif de l'ACP est de représenter graphiquement les relations entre les variables et de voir en même temps les individus qui sont en relation avec ces variables.

De ce fait, l'analyse se résume dans l'interprétation des résultats en fonction de la connaissance du sujet étudié.

Ainsi, il s'agira de donner un sens aux axes factoriels avec des rassemblements de proximité entre les variables.

Pour ce présent travail nous avons utilisé le module sous Excel, il s'agit du XL stat 2009 qui est version récente du XL stat 7.5.

II.7.1 Mise en application de l'ACP

L'analyse est établie sur les (28), échantillons d'eau prélevés sur la Mitidja, lors de la Campagne 2011, et concerne les huit variables suivantes le Calcium, le Magnésium, le Sodium, le Potassium, les Chlorures, les Sulfates, les Bicarbonates et les Nitrates.

➤ Analyse de la matrice de Pearson :

Cette matrice corrèle linéairement et teste les coefficients de corrélation par permutations de données, ce qui permet d'apercevoir les éléments corrélables. Les résultats de cette analyse sont reportés dans le tableau ci-dessous (Tab.72) :

L'examen de la matrice ci dessous nous permet de voir les corrélations suivantes :

(Ca,Na),(Ca,k),(Ca,Cl), (Ca,SO₄),(Ca,HCO₃), (Mg,HCO₃), (Na,k), (Na,Cl), (K,Cl), (Na,SO₄), (Na,HCO₃).(HCO₃,SO₄)

Les éléments corrélés présentent la même origine. Par exemple le couple : (Ca,Cl), qui est inclus dans les faciès chimiques Chloruré Calcique existants dans la région littorale (l'axe Oued el Harrach-Oued Reghaia).

On remarque aussi que les nitrates ne présentent aucune corrélation avec les autres éléments. Ils sont la conséquence de la contamination anthropique des eaux souterraines, particulièrement d'origine agricole.

Tableau n°72 : Matrice de corrélation de Pearson

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Ca	1							
Mg	0,24	1						
Na	0,61	0,28	1					
K	0,53	0,18	0,56	1				
Cl	0,56	0,36	0,51	0,60	1			
SO ₄	0,66	0,40	0,67	0,35	0,36	1		
HCO ₃	0,67	0,57	0,57	0,31	0,33	0,62	1	
NO ₃	0,29	0,04	0,33	0,47	0,42	0,16	0,22	1

➤ **Analyse des valeurs propres :**

Cette analyse montre l'inertie des individus sur l'axe lié à cette valeur propre, les deux premiers axes illustrent plus de 50 % de l'information, ce qui donne une représentation acceptable des individus et des variables dans le premier plan factoriel.

➤ **Interprétation du graphique des variables :**

Tout d'abord, il faut savoir que la qualité de la représentation des variables est liée à leurs positionnement par rapport au cercle, ainsi plus une variable est positionnée près du cercle, plus sa valeur de représentation est bonne.

L'examen de la figure n°61, montre que les deux facteurs (F1 et F2), présentent plus de 69,64% de l'inertie totale :

- Sur le premier axe (F1), les éléments sont corrélés positivement au premier facteur avec près de 47,87% de l'inertie totale.
- Sur le deuxième axe (F2), contient 21,77% de l'information initiale, cet axe met en opposition le (NO_3 , SO_4 , Mg et Ca) aux autres variables (HCO_3 , Na, Cl et K), l'isolement du NO_3 dans son propre groupe montre la présence d'une pollution.

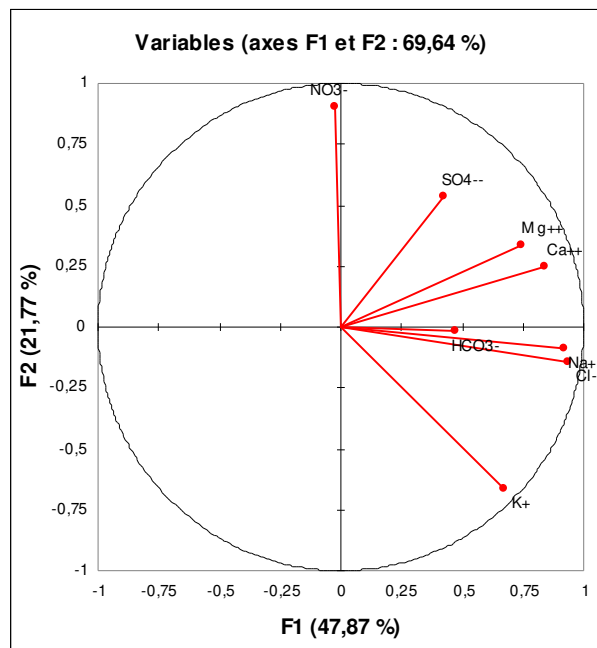


Fig.n°61 : Graphique des variables

➤ **Interprétation du graphique des individus :**

L'analyse de la figure n°62 relative aux individus, nous permet de déceler trois groupes, à savoir :

- **Premier groupe :** caractérisé par le puits :W021-894 et F1 qui se situent respectivement à l'ouest de la ville de Ain Taya et Chebacheb, ils définissent bien le faciès (**chloruré calcique**).
- **Deuxième groupe :** il représente le faciès (**Sulfaté calcique**) donné par les puits (W062-193 et W062-251), situé respectivement au nord de Ahmar El Ain et El Affroun.
- **Troisième groupe :** rassemble les autres points d'eau présentant des individus de valeurs moyennes peu représentatives. Ce groupe représente surtout le faciès chimique le plus répondeu (**Bicarbonaté calcique**).

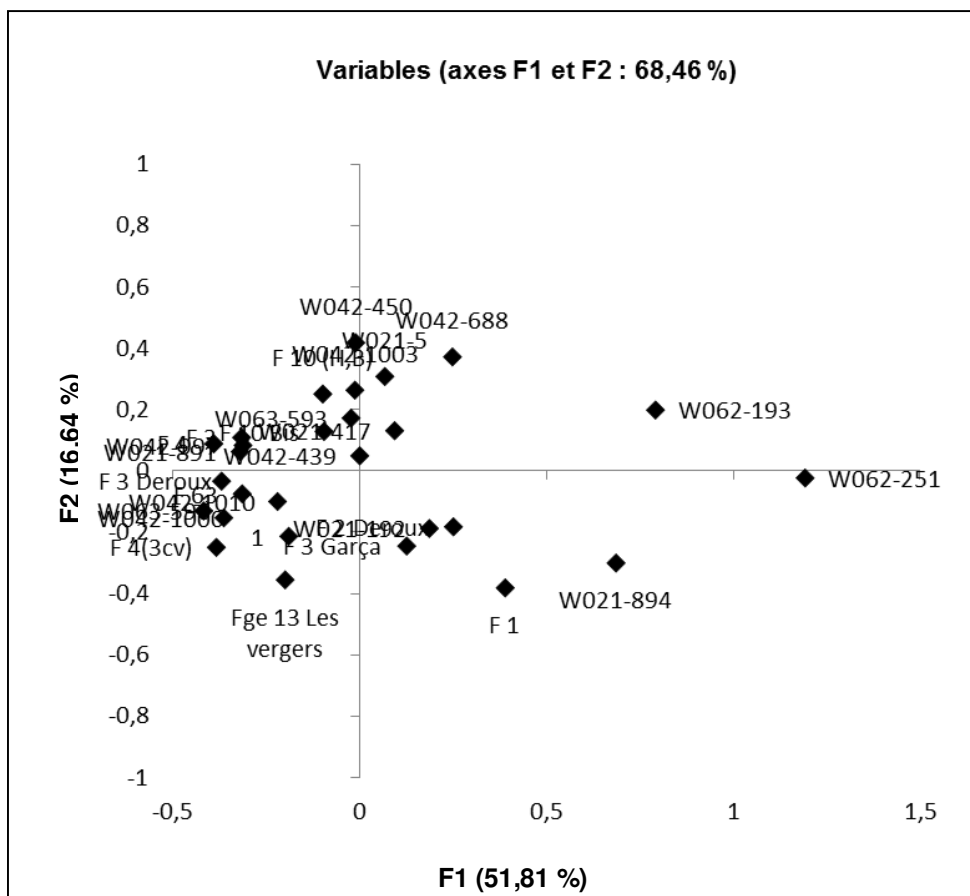


Fig.n°62 : Graphique des individus

II.8 Conclusion

Pour la caractérisation et la classification des eaux souterraines étudiées nous nous sommes référés à quatre approches à savoir :

Formules caractéristiques de Stabler;
Diagrammes de Schoeller-Piper;
Cartographie des différents faciès;
L'analyse en composantes principale (A.C.P), méthode statistique multidimensionnelle.

Les trois premières méthodes nous ont permis de déceler que les faciès les plus présents sont : les faciès Bicarbonaté Calcique, le Chloruré Calcique et le Sulfaté Calcique.

L'application de l'A.C.P a permis d'identifier les éléments chimiques (cations et anions) qui prédominent dans les eaux de la nappe alluviale, ainsi que les échantillons qui présentent des concentrations assez élevées. Elle nous a également permis de déterminer les catégories chimiques représentées par les faciès suivants :

- bicarbonatés calciques ;
- sulfaté calcique et chloruré sodique (intrusion marine);
- catégorie, indiquant la contamination des eaux souterraines par les nitrates.

Par ailleurs, il est à signaler que les résultats de l'A.C.P attestent et confirment ceux des méthodes classiques (trois premières méthodes) de l'analyse chimique et mettent en évidence le phénomène de **l'intrusion marine** et de la pollution par les **nitrates**.

Au final, d'après les résultats de la majorité des échantillons analysés, on peut dire que les eaux de la plaine de la Mitidja sont directement menacées par les différentes pollutions surtout celle liée aux nitrates, dues à la mauvaise utilisation des engrais chimiques en agriculture et l'intrusion marine due aux pompages intensifs dans la partie littorale orientale, et indirectement aux rejets industriels et domestiques (souvent à l'état brut). Cette pollution prend au fil des années une ampleur considérable, menaçant ainsi la santé des consommateurs.

chapitre 03

sources de pollution et identification

des principaux

pollueurs industrielles

III.1 Introduction

Le déplacement d'une grande partie de la population de l'intérieur du pays vers la Mitidja et l'implantation de nouvelles unités industrielles ont entraîné un nouveau mode de vie et le développement des nouvelles agglomérations.

L'accroissement des zones urbaines s'est fait souvent de manière anarchique sans tenir compte de leur impact sur l'environnement de manière générale et sur les ressources en eau de manière particulière.

Actuellement la plaine de la Mitidja abrite quatre Wilayas : Boumerdes, Tipaza, Blida et Alger. Avec une superficie agricole irriguée de 9000 hectares (DHA/MRE ,2012).

Les installations d'épuration existent mais ne prennent pas en charge la totalité des rejets notamment industriels déversés directement dans les oueds.

Ce qui a engendré une contamination de ces derniers et des nappes.

L'objectif de ce chapitre est de recenser et de présenter les différentes sources de pollution; et la mise en évidence de l'intrusion marine dans la baie d'Alger.

III.2 Sources de pollution dans la Mitidja

III.2.1 pollution urbaine (domestique)

Cette pollution provenant des rejets des eaux des habitations ou de centre d'activité, est généralement véhiculée par un réseau d'assainissement qui collecte les eaux résiduaires vers une station d'épuration (STEP).

Il est à signaler que la majorité des réseaux d'assainissement sont du type unitaire c'est-à-dire avec un mélange des eaux usées et pluviales

Cette eau résiduaire est caractérisée par la présence :

- de sels minéraux, dont l'azote et le phosphore;
- de détergents;
- de la matière organique avec de fortes teneurs;
- Des germes fécaux ;
- des métaux lourds et éléments toxiques : (plomb, zinc, dérivés d'hydrocarbures...).

III.2.1.1 Situation de l'assainissement dans la zone d'étude (par wilaya)

- Selon les services de la DHW d'Alger on relève en totalité 19 communes avec une population de 2.364.230 habitants, incluse dans un réseau d'assainissement de 3434 km.

En 2012, le taux de raccordement était de 94%. Le nombre de points de rejets domestiques est d'environ 167. Pour ce qui est des points de rejets industriels on dénombre 17 points (ABH/AHS), hormis ces points, les industriels rejettent directement dans le réseau d'assainissement urbain ou dans des cours d'eaux.

- **Type des points de rejets :**

Excepté les points de rejets connus où la pollution aboutit directement dans les oueds tel que El Harrach, El Hamiz, Reghaia..etc, les eaux usées urbaines s'acheminent vers les ouvrages d'épuration à savoir :

- **Stations d'épuration:**

On recense quatre stations d'épuration dans la Mitidja dont les données sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°73 : stations d'épuration dans la wilaya d'Alger

NOM STEP	CAPACITE Equivalent/Hab (Eq/Hab)*	IMPACT	Date de mise en service/ ou d'achèvement	Observations	Procédé d'épuration
REGHAIA	400 000	Protection de la nappe	1996	En service	Traitement biologique
BARAKI	900 000	Protection de l'Oued El Harrach	1989	En service	Traitement biologique
BENI MESSOUS	250 000	Protection du littoral ouest d'Alger	2007	En service	Traitement biologique
STAOUALI	15 000	Protection du littoral	2011	En service	Traitement biologique

* : Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de rejets émise par personne et par jour.
1 EH = 60 g de DBO5/jour soit 21,6 kg de DBO5/an.

- **Fosses septiques** : la donnée n'est pas fiable d'après les services de la DAPE/MRE.

- La wilaya de Blida recèle 25 communes avec une population de 1.087.104 habitants, incluse dans un réseau d'assainissement de 1579 km, en 2012, le taux de raccordement était de 98 %.

- **Type des points de rejets :**

La pollution aboutit directement dans les oueds tel que El Harrach, Oued Djema..etc, malheureusement l'information des points de rejets n'est pas encore actualisée.

- **Stations d'épuration :**

On recense une station d'épuration dans la wilaya de Blida qui est en cours de réhabilitation représentée dans le tableau suivant :

Tableau n°74 : stations d'épuration dans la wilaya de Blida

NOM STEP	CAPACITE Equivalent/Hab (Eq/Hab)*	IMPACT	Date de mise en service/ ou d'achèvement	Observations	Procédé d'épuration
BENI MERED	383 000	Protection des oueds	-	En réhabilitation	Traitement biologique

➤ La wilaya de Tipaza recèle en totalité 28 communes avec une population de 667.698 habitants, incluse dans un réseau d'assainissement de 985 km.

En 2012, le taux de raccordement été de 98 %. Le nombre de points de rejets domestiques est d'environ 133. Pour ce qui est des points de rejets industriels on dénombre 19 points (ABH/AHS).

- **Type des points de rejets :**

Comme pour les deux wilayas précédentes la pollution aboutit directement dans les oueds tel que El Hachem, El Nador..etc, les eaux usées urbaines s'acheminent vers les ouvrages d'épuration à savoir :

- **Stations d'épuration :** On recense trois stations d'épuration dans la wilaya dont les données sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°75 : stations d'épuration dans la wilaya de Tipaza

NOM STEP	CAPACITE Equivalent/Hab (Eq/Hab)	IMPACT	Date de mise en service/ ou d'achèvement	Observations	Procédé d'épuration
CHENOUA	70 000	Protection du littoral	2008	En service	Traitement biologique
HADJOUT	70 000	Protection de l'Oued El Nador	2006	En service	Traitement biologique
KOLEA	75 000	Protection de la nappe	2008	En service	Traitement biologique

III.2.2 pollution agricole

L'activité de l'agriculture et de l'élevage par l'utilisation d'engrais, pesticides et autres produits phytosanitaires donnent des pollutions qui sont caractérisées par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage.
- La présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires);
- Des substances oxydables issues de sous-produits d'élevage, des élevages et de lavages d'aires (matières organiques, ammoniaque, etc..);

Il existe dans la zone d'étude 3 grands périmètres irrigués :

- **Périmètre du Hamiz** : il a été créé en 1937, il est alimenté à partir du barrage du Hamiz d'une capacité initiale de 22 Hm³; actuellement passée à 15 Hm³ pour cause d'envasement, Ce réseau a été conçu pour fonctionner au tour d'eau sous la responsabilité d'aiguadier par secteur et dont le schéma est le suivant.

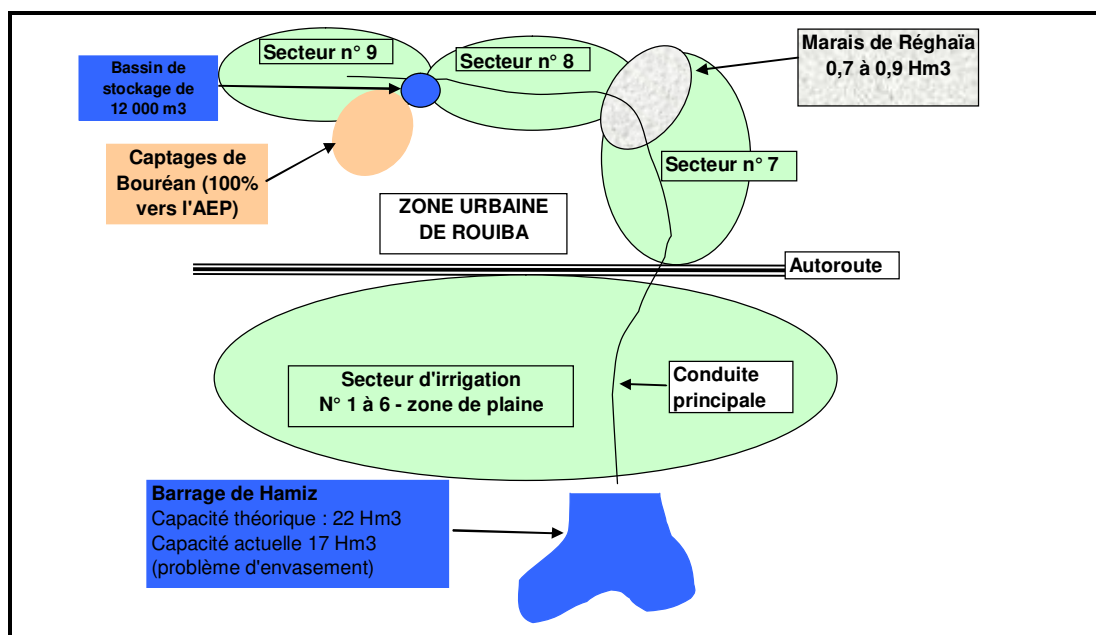


Fig.n°63 : schéma de fonctionnement du réseau du périmètre d'El Hamiz

Les principales caractéristiques de ce périmètre sont [23] :

○ **Superficie :**

Périmètre	Superficie (ha)	
	Equipée	irrigable
Hamiz	17.000	10.500

○ **Alimentation en eau :**

Périmètre	Ressources en eau (hm ³)			Mode d'irrigation
Hamiz	Barrage Hamiz : (15 hm ³)	Marais de Réghaia : (5 hm ³)	Champs captant de Bouréah : (5 hm ³)	Gravitaire (Prédominant)

○ **Module des cultures :**

Cultures	%
Agrumes	44,6
Vergers	16,9
Maraichage	38,5
Total	100

○ **Besoins des cultures et consommation :**

Cultures	Besoins (m ³ /ha)	Consommation (m ³ /ha)
Agrumes	5479	3490
Vergers	5315	1285
Maraichage	2092	1150
Total	12 886	5 925

nb : Efficience à la parcelle calculé : 0,7

Il faut savoir qu'en général, les plans de culture ne sont pas respectés dans la plupart des cas du fait que les irrigants optent plus pour l'aspect commercial et ne se soucient guère de la ressource en eau.

➤ **Périmètre de la Mitidja Ouest :**

Il est constitué de deux tranches :

➤ **Le périmètre de la Mitidja Ouest tranche I**

Le périmètre de la Mitidja Ouest tranche I a été mis en eau en 1988, il est situé au niveau de la wilaya de Blida (Mouzaia, Chiffa), et comprend une partie de la wilaya de Tipaza (Attatba), Il se divise en trois secteurs. Un secteur sous pression et deux secteurs desservis en gravitaire via un canal de 7 Km de long à ciel ouvert.

Les principales caractéristiques de ce périmètre sont (DHA/MRE):

○ **Superficie :**

Périmètre	Superficie (ha)	
	Equipée	irrigable
Mitidja Ouest tr.I	8600	7927

○ **Alimentation en eau :**

Périmètre	Ressources en eau (hm ³)	Mode d'irrigation
Mitidja Ouest tr.I	Barrage Bouroumi : (15 hm ³)	sous pression et gravitaire

➤ **Le Périmètre de la Mitidja Ouest Tranche II**

Le périmètre se trouve en grand partie dans la wilaya de Tipaza : 14400 ha (commune de Ahmeur el Ain, Bourkika, Hadjout, Sidi Rached et Attatba), et 1200 ha (commune d'El Affroun) dans la wilaya de Blida. Il se divise en 7 secteurs (3 sous pression et 4 en gravitaire).

Les principales caractéristiques de ce périmètre sont (DHA/MRE):

○ **Superficie :**

Périmètre	Superficie (ha)	
	Equipée	irrigable
Mitidja Ouest tr.II	15600	13401

○ **Alimentation en eau :**

Périmètre	Ressources en eau (hm ³)	Mode d'irrigation
Mitidja Ouest tr.II	Barrage Bouroumi et Boukerdane (15 hm ³)	sous pression et gravitaire

La modulation des cultures au niveau du périmètre de la Mitidja Ouest (tranche 1 et 2) se fait comme suit :

○ **Module des cultures :**

Cultures	%
Arboriculture	43
Maraichage	57
Total	100

➤ **Périmètre du Sahel algérois :**

Comme son nom l'indique, le périmètre est situé dans la zone littorale, à 110 km environ de la capitale Alger et à 13 km de la côte, il a été mis en eau en 2005, et concerne sept zones agricoles (la vallée du Nador, le plateau du Nador, les coteaux de Hadjout, la vallée de l'oued El hachem, les plaines de Cherchell, Sidi Ghiles, et Hadjret Ennous), il est alimenté à partir de barrage de Boukerdane.

Les principales caractéristiques de ce périmètre sont (DHA/MRE):

○ **Superficie :**

Périmètre	Superficie (ha)	
	Equipée	irrigable
Sahel Algérois	28888	2770

○ **Alimentation en eau :**

Périmètre	Ressources en eau (hm ³)	Mode d'irrigation
Sahel Algérois	Barrage Boukerdane (5 hm ³)	sous pression et gravitaire

- La modulation des cultures au niveau du périmètre Sahel algérois se fait comme suit :

○ **Module des cultures :**

Cultures	%
Arboriculture	24
Maraichage	76
Total	100

III.2.2.1 Pollution par les fertilisants

Les engrais chimiques (sulfates d'ammonium, nitrates de calcium, superphosphate..etc) nécessaires pour fertiliser le sol engendrent une pollution croissante des eaux.

Les nuisances causées par ces adjuvants sont :

- La contamination de la nappe, notamment par les nitrates.
- Contamination des eaux de surface.
- Dégradation des sols et déséquilibre biologique.

Au niveau de la plaine de la Mitidja, plus précisément dans notre zone d'étude, nous avons constaté, l'existence de plusieurs pratiques de fertilisation, ceci selon le type de culture et le profil d'agriculteur (typologie d'agriculteurs).

D'après [14], nous avons constaté qu'au niveau de la Mitidja il y a une mauvaise gestion de la fertilisation azotée surtout concernant la période d'apport et le fractionnement des apports. Les agriculteurs ne fractionnent pas leurs apports, ces pratiques engendrent, un risque de pollution des eaux de la région par les nitrates.

III.2.2.2 Pollution par les pesticides et herbicides

Ce sont des produits de synthèse de nature organique tel que : le DDT, simazine, l'aminotriazole, le lindane ou l'aldrine, généralement connus pour causer des dégâts sur la santé (cancer..etc) des êtres vivants, s'ils se mélangent à l'eau. Ils sont utilisés communément pour la lutte antiparasitaire, leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant (tableau n°76) :

Tableau n°76 : Classes et familles des pesticides

Classe	Cible visée	Familles
Insecticides	Insectes nuisibles	Organochlorés
Herbicides	Mauvaises herbes	Organophosphorés
Fongicides	Champignons	Carbamates
Acaricides	Acariens	Pyréthroïdes
Rodenticides	Rongeurs	Triazines
Nématicides	Nématodes	Phénylurées
Molluscicides	Mollusques	Biopesticides
Avicides	Oiseaux nuisibles	

- **Intérêt de l'utilisation des pesticides en agriculture :**

L'intérêt d'utiliser les pesticides est la protection des cultures et d'augmenter ainsi les rendements, la conservation des récoltes entreposées et enfin on peut les utiliser pour les traitements préventifs et/ou curatifs

En Algérie l'utilisation des pesticides est de 6 000 à 10 000 Tonnes / an couvrant ~15 à 20 % des besoins normatifs.

Ces valeurs sont résumées dans le tableau suivant (tableau n°77) :

Tableau n°77 : valeurs d'utilisation des pesticides en Algérie [14]

Années	75-79	80-84	85-89	90-93	94-97
Valeurs(T)	28270,2	22188,6	18064,6	8635,5	8328,48

- **Inconvénients de l'utilisation des pesticides :**

Malgré les avantages de l'utilisation de ces produits, il ne faut pas oublier qu'ils sont toxiques et portent des risques pour la santé de l'homme et des animaux.

Des études récentes montrent des traces de pesticides dans l'eau et les cultures, à savoir : un fongicide de la famille des Carbamates sous le nom commercial LANNATE (Méthomyl), des pesticides Organochlorés (ex : DDT) et des pesticides Organophosphorés. Un exemple d'une étude [14] effectuée sur les lieux de prélèvements suivants :

- Forage dans la pépinière d 'El Alia
- Puits dans l'institut technique de cultures maraichères (I.T.C.M.I).
- Robinet dans l'école nationale polytechnique (E.N.P).

Révèle les résultats suivants :

- Dans l'eau :
 - 0,1 µg/L pour chaque pesticide
 - 0,03 µg/L pour les pesticides organochlorés (Heptachlore)
 - 0,5 µg/L pour le total des pesticides
- Dans les cultures :
 - Laitue : 2 p.p.m.
 - Tomate : 3 p.p.m.

III.2.3 Pollution industrielle

L'industrie est la troisième partie prenante de la pollution des eaux de surface et souterraines. Ses rejets renferment des polluants de grandes diversités et ce, suivant l'utilisation de l'eau (lavage, extraction, refroidissement, chimie..etc), les eaux usées des industriels sont dans leurs quasi-totalité déversées :

- Soit dans le réseau d'assainissement et seront éventuellement traités (causant parfois des dysfonctionnements des installations des STEP) avant d'être évacuées dans le milieu naturel,
- Soit directement dans le milieu récepteur.

III.2.3.1 Inventaires des unités industrielles et principaux pollueurs

L'activité industrielle dans la Mitidja se répartit selon 5 zones ou sous bassins principaux :

➤ **Zone d'activité du sous bassin d'El Harrach :**

Cette zone est caractérisée par une abondante activité industrielle qui se répercute sur la qualité de l'eau de l'Oued El Harrach.

On dénombre 3 sous-zones industrielles importantes :

- La zone industrielle de l'Oued Smar, occupe une superficie de **320 ha**, regroupant **228** unités industrielles ;
- La zone industrielle de Gué de Constantine d'une superficie de **124 ha**, rassemblant **32** unités industrielles ;
- La zone industrielle d'El Harrach d'une superficie de **70ha**, avec **47** unités industrielles.

Cependant il existe d'autres zones d'activité industrielle d'importance secondaire situées à Baba Ali, Birtouta, Ouled Chebel, Eucalyptus et Dar el Beida

Les principaux pollueurs sont :

- GRANITEX spécialisé dans la fabrication de produits de construction Travaux Publics situé à Oued Smar qui déverse $1\text{m}^3/\text{j}$, d'eau de couleur noire.
- SACAR : implanté aussi à Oued Smar qui œuvre dans la commercialisation et transformation des cartons, l'eau déversée est de couleur violet.
- SANDOZ laboratoire spécialisé dans la fabrication de médicaments, installé dans la sous zone industrielle de Oued Smar rejette une eau de couleur noirâtre riche en mercure.

- Entreprise nationale de fabrication de piles et d'accumulateurs (ENPEC) installée dans la même sous zone, rejette une eau de couleur blanche tantôt claire mais qui contient des quantités importantes de plomb.

Il existe d'autres importants pollueurs dans la sous-zone d'El Harrach mais l'absence de données nous empêche de les citer.

➤ **Zone d'activité du sous bassin de l'Oued Réghaia**

On dénombre 2 sous-zones industrielles importantes :

- La zone industrielle de Rouïba, regroupant **50** unités industrielles ;
- La zone industrielle de Réghaia, regroupant **29** unités industrielles.

Les principaux pollueurs de la zone sont :

- Entreprise nationale des arts graphiques (ENAG), implantée à Réghaia rejette une eau claire, mais qui contient une quantité de zinc dépassant les normes.
- La Tannerie plains fleurs de Rouïba déverse **112m³/j** d'eau usée chargée en matières organiques, contient des traces de plomb et cadmium; Ces pollution subissent un prétraitement (dégrillage) qui ne retient pas les matières en suspension.
- Faïencerie Algérienne implanté à Rouiba, spécialisé dans la production de faïences et de matériaux de construction qui rejette une eau de couleur trouble et qui contient des quantités de plomb dépassant les normes de rejets.
- BATICIM œuvrant dans la construction de charpentes métalliques, implanté à Réghaia qui rejette une eau claire mais qui est riche en métaux lourds tel que le plomb et le zinc.

➤ **Zone d'activité du sous bassin de Zeralda :**

- La zone industrielle de Zeralda, regroupant **20**unités industrielles.

➤ **Zone d'activité du sous bassin de Blida :**

- La zone industrielle de Blida ville, regroupant **20**unités industrielles.
- La zone industrielle de Mouzaia, regroupant **20**unités industrielles.

➤ **Zone d'activité du sous bassin de Tipaza :**

- La zone industrielle de Koléa, regroupant **20** unités industrielles.

Les principaux pollueurs des zones de Zeralda, Blida et Tipaza sont :

- Sarl Midy peinture, implantée à Zeralda, qui œuvre dans la production de peinture, déverse $10\text{m}^3/\text{j}$ de solvants et aditifs.
- Vague de fraîcheur, implantée à Blida, qui rejette $0,6\text{ m}^3/\text{j}$ de tensioactifs des détergents ils sont peu ou mal biodégradables et libèrent en se décomposant des composés chimiques parfois plus toxiques que le produit initial.
- Sarl HAYAT, implantée à Bouinan spécialisé dans la fabrication de détergents Rejette $7\text{m}^3/\text{j}$ de produits tel que les nitrites de sodium.
- SARL SALD, implantée à Oued El Alleug qui rejette $0,3\text{ m}^3/\text{j}$, spécialisé dans les produits d'entretiens.
- VENUS SAPECO, implantée à Blida connu pour la fabrication de produits de cosmétiques qui rejette $6\text{ m}^3/\text{j}$ de solvants et adjuvants nécessaires pour la fabrication de produits cosmétiques.
- Sarl COPHYD, implantée à Koléa est une entreprise algérienne de produits d'entretien et pesticides, leader national dans le domaine des insecticides, désodorisants, produits de ménage et d'entretien, elle rejette un volume de $1\text{m}^3/\text{j}$ de produits dangereux rentrant dans le conditionnement des aérosols
- SARL PIN-TOR, implantée à Attatba, qui œuvre dans la production de peinture et ces dérivés, déverse $10\text{ m}^3/\text{j}$ de solvants et aditifs tel que les composés benzéniques connues pour être des sous produits des hydrocarbures.

Remarque : d'après les services de l'observatoire national de l'environnement et du développement durable (ONEDD), il faut savoir que certains industriels déclarent faillite ou changent le lieu d'implantation de leurs activités, parfois d'une année à une autre.

III.2.4 Pollution d'origine marine

Les différentes études hydrodynamiques, hydro-chimiques et géophysiques mettent en évidence le phénomène d'intrusion marine dans la zone de la Mitidja orientale et ce, le long de la côte de la baie d'Alger, cette intrusion a été confirmée par une mise en place de piézomètres effectuée par l'ANRH.

III.2.4.1 Localisation, délimitation et évolution du biseau salé

Ce phénomène a été mis en évidence dans les années 70. Pour la détermination et la localisation du biseau salé nous nous sommes inspirés de nombreuses études [30], [84].

La plaine de la Mitidja en raison de sa fertilité et sa topographie plane a connu une activité agricole très intense, à cela s'ajoute une urbanisation très accrue notamment cette zone (Mitidja Est) avec une insuffisance des ressources en eau liée à l'irrigation qui utilise principalement les eaux souterraines et cela en concurrence avec l'AEP, Jusqu'au point où l'exploitation de la nappe de la Mitidja a effectivement atteint, sinon dépassé, la limite de son potentiel à long terme [84].

Afin de définir le phénomène de l'avancé du biseau salé et faire un constat, il faut connaître le sens de l'écoulement souterrain, faire une approche hydrochimique à travers les cartes isoteneurs (sodium, chlore, conductivité .etc) et du rapport de Todd.

Ainsi, en 2004 l'ANRH pour sa part a sélectionnée un réseau de surveillance de 23 piézomètres (fig. n°64) qui s'étend sur une superficie de 1140 km², allant de l'Est de l'oued El Harrach jusqu'à l'oued El Hamiz et ce, dans l'objectif de suivre l'évolution spatio-temporelle de l'interface eau douce/eau salée.

L'observation de la carte piézométrique fait ressortir ce qui suit :

- Ecoulement de la mer vers les zones de Stambouli et verte rive (côtes inférieures ou égale à celle de la mer),
 - Un écoulement général des eaux qui se fait vers une dépression au niveau du champ de captage du Hamiz orienté d'axe NW-SE, avec des côtes inférieures au niveau de la mer, allant jusqu'à -15 m, là où le niveau piézométrique se situait à 10 m au-dessus du niveau de la Mer il y a 30 ans.
- La délimitation de l'interface eau douce/eau salée, effectuée par confrontation du rapport Todd (rCl^-) / ($rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$) avec la carte piézométrique a permis d'établir la figure n°65, celle-ci montre que la limite de l'interface était de l'ordre de 1 km en 1991, cette limite est passée en 2010 à 6 km vers la bordure nord occidentale du champ captant du Hamiz suivant le plus grand rayon de courbure, elle touche surtout les zones de : l'Oued Hamiz, Stambouli, Bordj El Kifan et en partie sur les zones de : Bordj El Bahri, Rouiba, Bab Ezzouar et Mohammadia, ce qui montre l'ampleur de cette situation inquiétante et alarmante.

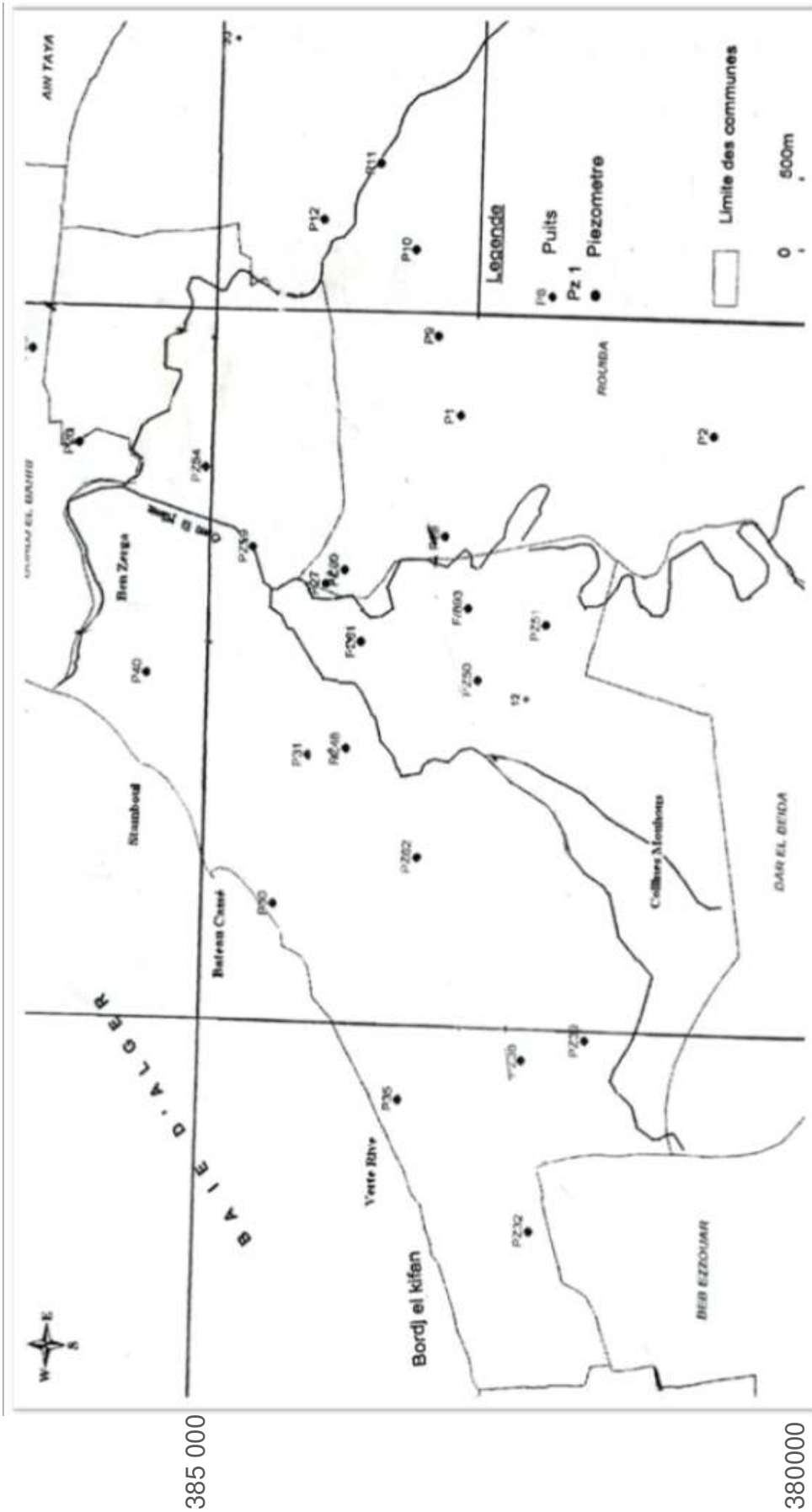


Fig. n°64: Réseau de surveillance de l'intrusion marine (ANRH,2004)

III.3 Identification des principaux pollueurs

L'absence de stations d'épurations dans la quasi-totalité des zones industrielles et le mauvais fonctionnement de certaines dans les zones urbaines, contribuent certainement à la dégradation de la qualité de l'eau et de l'environnement.

Dans ce qui suit nous allons nous focaliser sur les principaux pollueurs de la zone d'étude dont Les caractéristiques sont résumées dans le tableau n°78, à savoir :

- GRANITEX, SACAR, SANDOZ, ENPEC, ENAG, Tannerie pleins fleurs, Faïencerie Algérienne, BATICIM, Vague de fraîcheur, Sarl Midy peinture, Sarl HAYAT, SARL SALD, VENUS SAPECO, Sarl COPHYD, SARL PIN-TOR.

Tableau n°78 : caractéristiques des unités industrielles les plus polluantes, d'après l'ONEDD

Dénomination	Coordonnées (GPS)	Activités	Localisation	Lieu de rejet
GRANITEX	Lg :36°42'15N Lt :003°12'03E Al :23m	Matériaux de construction	ZI O.Smar	Oued Smar
SACAR	Lg :36°41'57N Lt :003°10'14E Al :10m	Fabrication cartons	ZI O.Smar	Oued Smar
SANDOZ	Lg :36°41'46N Lt :003°10'55E Al :06m	Pharmaceutique	ZI O.Smar	Oued Smar
ENPEC	Lg :36°41'58N Lt :003°10'11E Al :10m	Accumulateurs	ZI O.Smar	Oued Smar
Tannerie pleins fleurs	Lg :36°44'06N Lt :003°18'52E Al :14m	Tannerie	ZI Rouiba	Marais de Réghaïa
Faïencerie algérienne	Lg :36°44'56N Lt :003°17'88E Al :03m	Faïencerie	ZI Rouiba	Marais de Réghaïa
ENAG	Lg :36°43'31N Lt :003°21'20E Al :06m	Arts graphiques	ZI Réghaïa	Marais de Réghaïa
BATICIM	Lg :36°43'07N Lt :003°21'52E Al :12m	construction	ZI Réghaïa	Marais de Réghaïa
Midy peinture	Lg :36°43'05N Lt :002°51'01E Al :06m	Peintures	ZI Zeralda	MER Méditerranée
Vague de fraîcheur	Lg :36°29'00N Lt :002°50'00E	Cosmétique	ZI Blida	Oued Harrach
HAYAT	Lg :36°31'54N Lt :002°59'31E	Détergents	ZI Blida	Oued Harrach
SALD	Lg :36° 33' 11 Lt :2°47' 27"	Détergents	ZI Blida	Oued Alleug
VENUS SAPECO	Lg :36°29'150N Lt :002°49'51E	Cosmétique	ZI Blida	Oued Harrach

(suite)

Dénomination	Coordonnées (GPS)	Activités	Localisation	Lieu de rejet
COPHYD	Lg : 36° 38' 26N Lt : 002° 45' 54E	Pesticides	ZI Tipaza	Oued Mazafran
PIN-TOR	Lg : 36° 34' 24N Lt : 002° 40' 31E	Peintures	ZI Tipaza	Oued Bouroumi

Les eaux usées industrielles présentent des caractéristiques différentes suivant l'activité de l'établissement dont elles sont issues.

Le choix des paramètres est arrêté selon les catégories d'installations industrielles définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, ses catégories sont les suivantes :

- 1- Industries agro-alimentaire:** Température, PH, DBO5, DCO, MES, huiles et Graisses.
- 2- Industries d'énergie:** Température, PH, DBO5, DCO, MES, huiles et graisses, Azote total, phénols, sulfures, Hydrocarbure, BTX et métaux lourds.
- 3- Industries mécaniques:** Température, PH, DCO, MES, huiles et graisses, sulfures, Hydrocarbure et métaux totaux.
- 4- Industries de transformation des métaux :** Température, PH, DCO, Cyanures, MES, métaux lourds.
- 5- Industries de minerais non métalliques:** Température, PH, DCO, MES, métaux lourds.
- 6- Industries de textile:** Température, PH, DBO5, DCO, MES.
- 7- Industrie de tannerie et mégisserie:** DBO5, DCO, MES et chrome total.

Les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels fixées officiellement en Algérie (décrit dans le Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006), sont représentées dans le tableau n°79 :

Tableau n°79 : valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Décret n°10-88 du journal officiel n°17 de l'année 2010).

Paramètres	Unité	Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
t°	°C	30	30
PH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
MES	mg/l	35	40
DCO	"	120	130
DBO5	"	35	40
Cadmium	"	0.2	0.25
Cuivre total	"	0.5	1
Mercure total	"	0.01	0.05
Plomb total	"	0.5	0.75
Chrome total	"	0.5	0.75
Manganèse	"	1	1.5
Zinc total	"	3	5
Fer	"	3	5

III.3.1 Analyse de rejets des principaux pollueurs

Les résultats d'analyses des rejets des principaux pollueurs reportées dans le tableau (tab.80) ont été représentées graphiquement selon les figures n°66 et 67.

Tableau n°80 : Résultats d'analyses des rejets des unités industrielles les plus polluantes (campagne 2010)

Stations	Paramètres De pollution (mg/l)				Métaux lourds (mg/l)							
	PH	MES	DCO	DBO5	Cr	Fe	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Mn
GRANITEX	8.8	10 000	31 000	-	0.8	174	4.3	0.03	2.8	49	0.8	5.8
SACAR	5.9	29 000	13 000	2400	SLD*	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
SANDOZ	7.7	690	620	-	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	740	SLD	SLD
ENPEC	6.1	440	25	-	0.7	11.7	0.78	0.03	271	-	0.1	0.2
ENAG	8.03	-	-	-	-	1.55	16	-	SLD	-	-	-
Tannerie P.F	12.2	2 170	11 064	-	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
Faïencerie A	8.8	-	620	-	SLD	SLD	SLD	0.07	0.65	SLD	SLD	SLD
BATICIM	6.8	4	60	20	0.31	11.42	2.96	0.03	1.03	SLD	SLD	2.1
Midy peinture	8,2	-	-	-	0.27	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
Vague de fraîcheur	7.8	-	-	-	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
HAYAT	6,2	780	22400	240	SLD	SLD	SLD	0,31	SLD	SLD	SLD	SLD
SALD	5,7	715	10700	170	SLD	SLD	SLD	0,57	SLD	SLD	SLD	SLD
VENUS	7,6	440	95	300	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
COPHYD	6,7	-	-	-	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD
PIN-TOR	8,4	-	-	-	0,42	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD

Source : ONEDD, ABH

* : SLD, sous la limite de la détection de l'appareillage (AAS 700, FIAS 400)
 le tiré dans ce tableau indique que la mesure n'a pas été effectuée, à cause soit de la réglementation en vigueur ou bien que la manipulation est infructueuse.

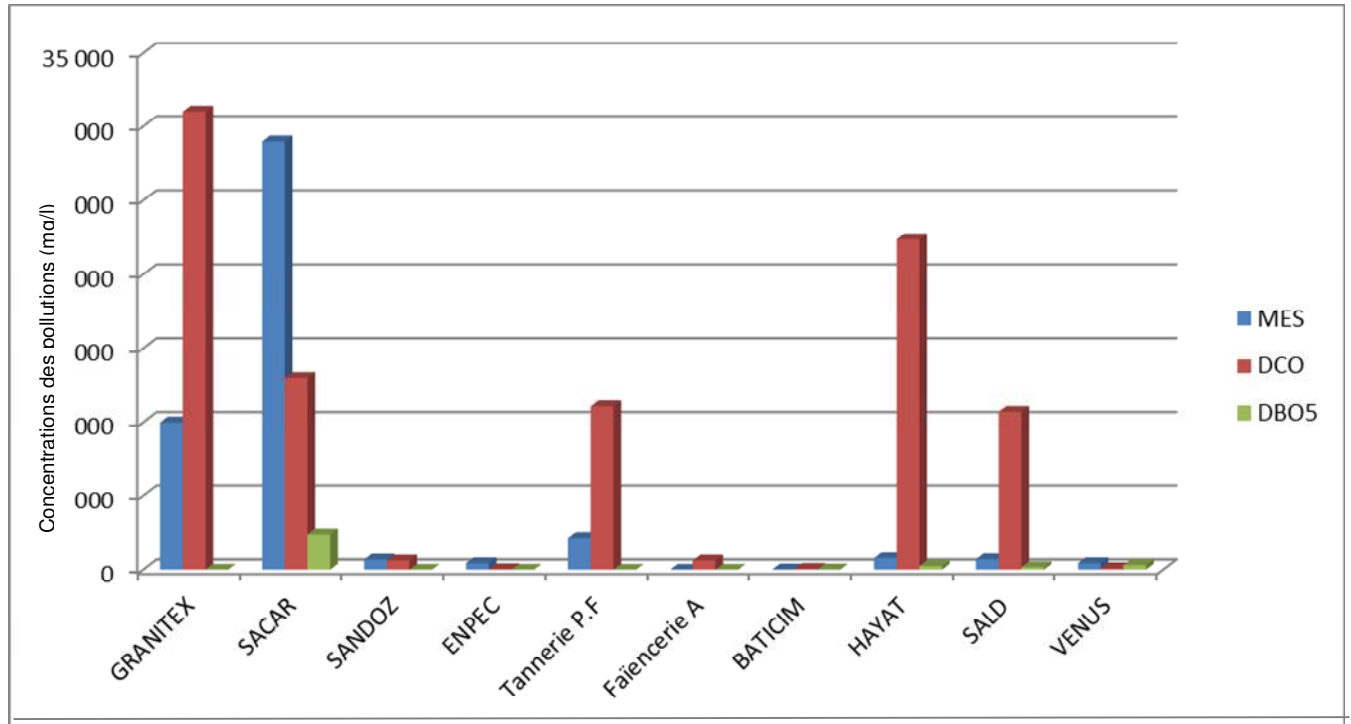


Fig n°66 : Concentrations des paramètres de pollutions dans les rejets industriels (2010)

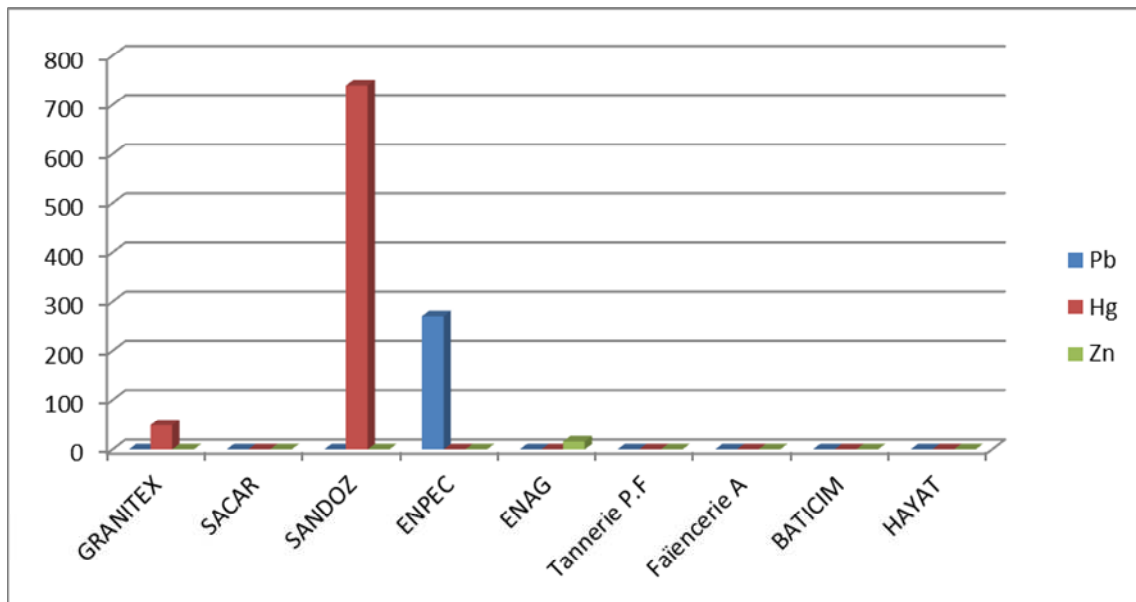


Fig n°67 : Concentrations des métaux lourds dans les rejets industriels (2010)

III.3.2 Discussions et commentaires

L'analyse des rejets considérés, indique que beaucoup d'industriels ne se conforment pas en général aux directives en vigueur sur les normes de rejets. En effet l'absence de stations d'épurations est à constater pour la quasi-totalité des industries de la zone d'étude.

Les rejets analysés nous montrent que : les PH varie de 5,9 à 12,2, on passe du PH acide au PH basique.

S'agissant des teneurs en MES, tous les rejets dépassent très largement les normes, nous avons des concentrations de MES jusqu'à **29 000 mg/l**, à l'exception de BATICIM, qui possède une station d'épuration, réduisant ainsi le taux de MES jusqu'à 4 mg/l, donc en dessous du seuil réglementaire.

Quant à la DCO, toutes les valeurs dépassent de loin les normes et atteignent **31 000 mg/l**, à l'exception de BATICIM (60 mg/l) et l'ENPEC (25 mg/l).

Pour ce qui est de la DBO5, on enregistre des dépassements jusqu'à **2400 mg/l** au niveau de la société SACAR à l'exception de BATICIM où le taux est de 20 mg/l.

L'investigation des métaux lourds dans ces rejets révèle des dépassements de normes, tantôt à des concentrations exceptionnelles, à savoir :

- **GRANITEX** : un dépassement de normes est enregistré pour le Fer, Zinc, cuivre, le plomb, le manganèse et le mercure avec un taux très élevé (**44 mg/l**) de ce dernier.
- **SANDOZ** : même constat pour le mercure qui dépasse tout entendement avec un taux inédit de **760 mg/l**.
- **ENPEC** : un taux exceptionnel de **244 mg/l** de plomb est enregistré, ce taux est lié à l'activité de cette usine de production d'accumulateurs, de batteries et autres produits analogues.
- **SALD** : on enregistre un dépassement des normes de rejets pour le cadmium, lié à la vocation de production d'entretiens.

Ceci montre clairement un signe de pollution alarmante par métaux lourds pour le milieu récepteur.

Il faut retenir que durant ce dernier plan quinquennal l'état a lancé de nombreux projets de réalisation de stations d'épuration afin de protéger l'environnement et aboutir à un développement durable d'une part et d'utiliser d'autre part les dérivés des STEP pour l'agriculture (eau traitée et boues stabilisées). Néanmoins nous tenons à mentionner que les STEP en cours de réalisations sont conçues sur le principe d'épuration "par. Boues activées". Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui "consomment" uniquement les matières polluantes biodégradables.

Conclusion

Vue l'importance et l'étendue de la région il a été important de **quantifier** et **qualifier** spatio-temporellement le chimisme des eaux de la Mitidja et surtout mettre en évidence quelles pollutions risqueraient de contaminer ces eaux. En effet l'altération de la qualité des eaux est provoqué par les pollutions diffuses liées à l'activité anthropique et ce, par les rejets urbaines, agricoles et industriels, ainsi que les pollutions ponctuelles accidentelles tel que les casses des pipelines ou de fuites des cuves des stations d'essence.

Le constat fait ressortir une surexploitation de la nappe alluviale de la Mitidja surtout dans sa partie Est, ce qui a causée l'avancée du biseau salé dégradant ainsi le chimisme dans cette zone. La présence parfois excessive des nitrates dans les analyses des eaux souterraines sur toute l'étendue de la région est certainement un signe d'utilisation intensive des produits agricoles. Les eaux superficielles ne font pas exception, en effet l'examen de ces eaux révèle la présence de métaux lourds dans les oueds notamment dans l'Oued El Harrach ce qui risquerait de polluer la nappe dans les zones à forte vulnérabilité.

Ainsi à travers cette étude nous avons pu constater l'ampleur de dégâts et l'impact qui sévissent dans la zone d'étude ce qui représente un problème environnemental majeur et de santé publique.

Enfin les constats établis vont servir fondamentalement de support pour la troisième partie de ce travail afin de mieux identifier et caractériser la vulnérabilité à la pollution, et ce à travers une approche cartographique réalisée par l'application des nouvelles technologies de la géomatique.

Partie III
Elaboration d'un SIG
et
Cartographies

chapitre 1

Elaboration d'un SIG pour la Mitidja

I.1 Introduction

L'élaboration dans ce travail d'un SIG pour la Mitidja à pour objectif principal d'avoir une base de données complète qui regroupera toutes les informations globales et géo-référencées liées aux ressources en eau superficielles et souterraines de la région.

Les données du SIG élaboré seront exportées et utilisées soit en format numérique ou bien en support cartographique.

Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé le Arc gis 10.2.1, logiciel leader pour la conception des systèmes d'informations géographiques.

I.2 Les composantes du SIG

Un SIG est constitué de 5 composants majeurs :

- **Les données** : ce sont assurément les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques peuvent être, soit importées à partir de fichiers, soit saisies par un opérateur. Elles possèdent deux composantes :
 - ✓ **Les données attributaires** : ce sont les données liés à un objet ou un emplacement géographique, soit pour retracer un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'un barrage, type d'une ressource, nombre d'habitants d'une commune localisé par ses coordonnées géométriques, débit d'un oued, sa qualité...etc.
 - ✓ **Les métadonnées** : c'est un supplément d'information sur les données elles mêmes (date, auteur, privilèges d'utilisation ...etc).

➤ Logiciel

Il assure 5 taches à savoir :

- ✓ Acquisition : saisie des informations sous formes numérique ou alphanumérique,
- ✓ Analyse : manipulation et interrogation des données géographiques,
- ✓ Archivage : organiser au mieux la base de données,
- ✓ Affichage : mise en forme et visualisation,
- ✓ Abstraction : représentation du monde réel.

➤ Les matériels

De nos jours, le traitement des données à l'aide des logiciels nécessite l'outil informatique. En plus, pour faciliter la large diffusion des résultats du SIG, on fait appel de plus en plus à des systèmes client-serveur en intranet (réseau local) ou Internet. Ces solutions de vulgarisation nommées web-sig utilisent un serveur cartographique.

➤ Les savoir-faire

Toute réalisation de SIG ne peut s'effectuer sans une connaissance technique minimale. Ainsi un SIG nécessite un savoir-faire et l'implication de plusieurs personnes dans divers spécialisations, ce personnel doit avoir des qualifications en : géodésie, en analyse des données (UML ou Merise par exemple), en statistiques..etc.

➤ Les utilisateurs

Les utilisateurs du SIG ne doivent pas être pour autant des spécialistes, les concepteurs des logiciels proposent de plus en plus des logiciels simples et conviviaux à travers des boîtes à outils que tout utilisateur utilisera pour réaliser son projet. Cependant, une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels permettra la réalisation du SIG et l'interprétation correcte des résultats obtenus. Il est d'ailleurs préconisé dans la plupart des cas le recours à la formation.

I.3 Unités géographiques

➤ Point

Le point est un élément sans dimension. Sa localisation est donnée par ses coordonnées. Les points définissent des localisations discrètes de caractéristiques géographiques qui sont trop petites pour être représentées par des lignes ou des surfaces, telles que les localisations de forages ou puits.

Les points peuvent aussi représenter des objets non linéaires ou surfaciques comme des points remarquables, exemple des points géodésiques relevés par GPS.

➤ Ligne ou segment

La ligne ou segment est un élément à une dimension. Sa localisation est déterminée par les coordonnées des deux extrémités du segment. L'épaisseur du trait ou la forme du trait apporte une information supplémentaire sur sa signification thématique. Les lignes représentent des objets géographiques tels que: les oueds, les rues, les réseaux d'assainissement,..etc où un objet linéaire représenté par un couple de coordonnées X et Y reliés par des segments de droites. Le premier et le dernier sont nommés des extrémités. La ligne indique les réseaux de communication, réseaux hydrographiques ou d'assainissement,..etc.

➤ Le polygone ou surface ou zone

La surface ou zone est l'espace limité par une ligne fermée. Du point de vue cartographique, c'est un élément à deux dimensions. La localisation d'une surface s'exprime par les coordonnées de son centre de gravité.

Les surfaces (désignés polygones sous Arc Gis, Map Info) sont des éléments clos telles que les bassins versants, les parcelles, les limites administratives,..etc.

Un objet polygone se décrit comme une série de couples de coordonnées X et Y joints par des segments de droites constituant le contour de la surface.

Un objet surfacique est donc délimité par un objet linéaire clôturé sur lui-même. Il peut concrétiser une entité abstraite comme la surface d'une wilaya ou des entités possédant une existence géographique comme un marais, une sebkhra ou forêt,..etc.

➤ Modes de représentation

Il s'agit ici du mode de représentation des données ci-dessus. Deux modes de représentations sont possibles : il s'agit des modes vectoriel et matriciel.

• Vectoriel

Les objets sont représentés par des objets mathématiques élémentaires. Ce sont les points, les lignes et les polygones (fig.68). Les SIG travaillent de façon privilégiée en mode vecteur. Ce mode ne repose pas sur la décomposition de l'image en cellules élémentaires, mais sur la décomposition de son contenu en traits caractéristiques et éléments principaux [42].

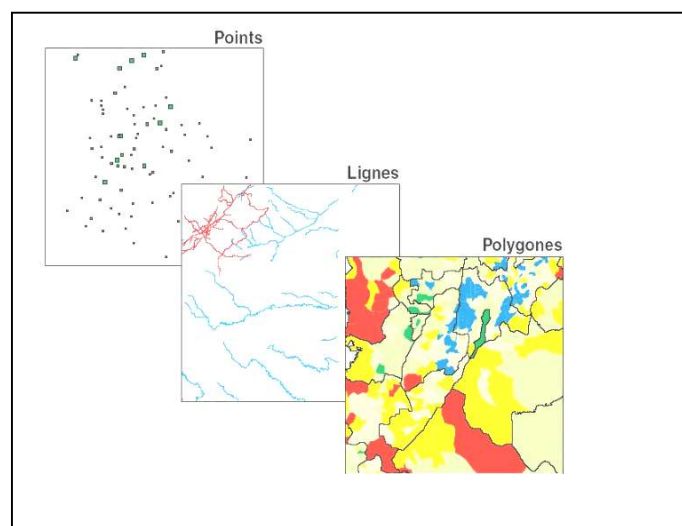


Fig.n°68 : Exemple de données vectorielles [42]

• Matriciel

C'est une image, d'une carte ou d'une photo numérisés et présentés dans le SIG en tant qu'image. Le mode matriciel est appelé ainsi parce que l'on découpe l'image à l'aide de grilles uniformisées ou encore matrice. Construite sur une partition régulière, souvent en carrés dits pixels, l'image est rendue comme un écran d'ordinateur ou de télévision. Le mode raster est par exemple celui des informations reçues des satellites ou des caméras numériques. C'est aussi celui des informations obtenues par numérisation [42].

I.4 l'intérêt d'un SIG

Plusieurs intérêts peuvent être certifiés pour démontrer l'utilité d'un SIG :

- ✓ Savoir précisément les ressources en eaux existantes pour éclairer en temps réel les choix et les décisions des gestionnaires de l'eau,
- ✓ Éditer des cartes d'aide à la décision tels que : état du réseau, état des superficies irrigués, taux de remplissage des barrages...,
- ✓ Fusionner les informations économiques, géographiques, et sociales dans une base de données commune pour permettre des analyses et visualiser les phénomènes,
- ✓ Améliorer les délais d'étude, de prise de décision et d'obtention de documents,

Aussi, la mise en place d'un SIG permet de moderniser la gestion de la collectivité par l'accès aux nouvelles technologies d'informations et de communications (NTIC).

Voici quelques applications qui peuvent en découler :

- Hydrographie, océanographie : espaces côtiers, zones de baignades...,
- Aménagement du territoire : schémas directeurs, Plans d'urbanisme...
- Environnement : eaux, espaces naturels...,
- Géologie et matières premières : nappes souterraines, gisements...,
- Risques d'inondations : localiser les sinistres, alerter, évaluer les dégâts...,
- Agriculture : estimation des besoins en eau, gestion forestière...,
- Démographie, socio-économie, santé,... etc.

Les avantages du SIG sont :

- Stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux fiches, les supports informatiques actuels (disques, CD et DVD), assurent une meilleure conservation de données. On dit d'ailleurs que le SIG perpétue la mémoire,
- Afficher et consulter les données sur l'écran, superposer plusieurs couches d'information, rapprocher des informations de différentes natures (topographiques, environnementales, économiques), effectuer des recherches à partir de certains critères (qualitatifs et /ou quantitatifs),
- Actualiser ou modifier les données sans avoir à recréer le document,
- Analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance,
- Ajouter ou extraire des données, les transformer pour les mettre à disposition d'un prestataire (architecte, géomètre gestionnaire de réseau).

I.5 SIG comme outil de communication

Agencé à d'autres outils complémentaires, le SIG peut devenir un outil majeur de partage d'information et de communication.

- **Le partage par le web** : une fois le SIG conçu, il est envisageable d'installer un serveur cartographique avec des logiciels open source. Ce dernier admet de répandre via internet ou extranet de la cartographie thématique et les données y afférents sans cout par le côté client.
- **La visualisation 3D** : quand le SIG formé d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain), de couches raster (photos aériennes) et de couches vecteurs, il est possible, à l'aide de logiciels spécifiques, de concevoir des vidéos 3D ou des images.

I.6 L'information géographique

L'information géographique indique toute information proportionnelle à un point ou un ensemble de points géoréférencés à la surface du globe. Elle est d'importance primordiale pour tous ceux qui ont à gérer un SIG. On retrouve des informations spatiales des données tel que : les ressources naturelles (sols, eaux, végétation); la localisation d'infrastructures (routes, édifices,..etc), les limites administratives et politiques des communes ou wilayas. Même des données statistiques de la population rentrent dans cette définition, cependant il faut qu'elles aient une extension spatiale.

Les données géographiques ont deux composants : les données spatiales et les données attributaires.

Les données spatiales : symbolisent des objets géographiques liés à leur localisation. Les objets géographiques sont symbolisés sur les cartes par des points, des lignes ou des polygones.

Les données attributaires : retracent des propriétés caractéristiques des objets géographiques telles que : le numéro de l'ilot, la destination d'un barrage, un type de culture.

La même notion s'applique aux modèles de données spatiales. La force des SIG se situe dans le lien qu'il y a entre les données attributaires et les données spatiales.

Par exemple :

- La position d'un barrage et la surface de son bassin versant,
- Une parcelle et les numéros de ses ilots,
- Un barrage et sa capacité.

I.7 Fonctionnalités d'un SIG

La littérature qui traite du domaine définit les fonctions d'un SIG par « **les 5 A** », à savoir : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage.

➤ **Abstraction :**

C'est la modélisation de l'environnement réel, par la construction du Schéma Conceptuel de Données (MCD) qui permet de modéliser la base de données en définissant les classes d'objets, leurs attributs ainsi que leurs relations.

Cette étape est indispensable avant toute digitalisation, elle sert de démarrage pour la constitution des bases de données géographiques et de support de communication entre les différents acteurs (décideurs, utilisateurs, prestataires, ...).

La deuxième étape consiste à trouver le logiciel qui soit capable de stocker le schéma. Chaque logiciel possède obligatoirement un MCD (Modèle conceptuel de Données). L'important étant le résultat, le logiciel n'étant qu'un instrument.

➤ **Acquisition :**

Nous pouvons trouver l'information auprès des organismes nationaux ou internationaux producteurs ou revendeurs :

- *Des données de références :* Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT), Agence Spatiale Algérienne (ASAL) ...etc
- *Des données thématiques ; Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH)...etc*
- *Auprès de professionnels locaux, cabinet d'expert géomètres, bureaux d'études d'état, collectivités local (APC) ...etc*

Dans le cas où la donnée n'existe pas sous forme numérique, il est possible de la créer soit même ou via un prestataire.

Techniques d'acquisition :

Nombreuses sont les techniques pour saisir les informations utiles pour l'élaboration d'un SIG à savoir :

- L'acquisition se fait à partir des données vecteurs, les sources sont soit directes avec des levés topographiques soit indirectes, plan de masse, image satellitaire, photo. Cette acquisition se fait à partir des documents en papier par digitalisation à partir d'une planche à digitaliser ou du scannage de la donnée sur l'écran de l'ordinateur, on digitalise des objets crayonnés sur le plan en données vecteurs. L'inconvénient de cette méthode est les erreurs dues au support original (froissage du papier, épaisseur des caractères..etc).
- Acquisition à partir de photos : en utilisant la photo scannée ortho rectifiée on aboutit à la donnée vecteur, c'est une des importantes sources pour la numérisation précise sur des grandes surfaces, ce type d'acquisition requiert soit des enquêtes de terrain ou des croisements avec d'autres données pour garantir la qualité de cette donnée.
- Acquisition à partir de donnée alphanumérique.

- Acquisition à partir du terrain ; couramment utilisée pour les petites surface ou en complément d'autres techniques. Levé théodolite ou levé avec G.P.S.
- Acquisition à partir d'image satellite ; l'image satellite constitue la primordiale source d'information pour un SIG.

➤ **Archivage :**

Nous devons être capables de les stocker et de les retrouver facilement. C'est une des fonctions les moins discernables pour tout utilisateur. Elle dépend de l'architecture du logiciel et surtout du système de Gestion de Base de Données (SGBD), s'il est relationnel ou orienté objet.

➤ **Analyse :**

La raison d'être des SIG n'est pas la conception de plan ou la gestion de données mais d'être un instrument d'aide de l'information géographique.

Analyse spatiale géométrique : cette analyse se base sur la position de l'objet, sa forme, et ses relations qui existent éventuellement. La distance entre objets est une des fonctionnalités simples de l'analyse spatiale. On peut travailler sur la topologie quand elle existe. On peut manipuler de la donnée en la découpant, la joignant; l'excluant.

C'est la description quantitative et qualitative d'un espace à partir de données placées dans un objet géométrique ou dans une base de données externe via internet ou un autre lien. Cette analyse peut se faire soit par calcul ou par requête.

➤ **Affichage :**

Son but est de permettre au client de visualiser les différents phénomènes spatiaux si cette reproduction graphique respecte les bases de la cartographie. L'affichage sert à :

- Utilisation de papier pour des documents de travail, des rapports..etc
- Utilisation d'un ordinateur lors de l'élaboration d'une étude,
- Etre sur le net en honorant des contraintes de couleur, de format, poids..etc..

Si l'affichage n'est pas la partie la plus importante, il joue quand même un rôle très important grâce à l'information qu'il affiche dans la carte.

I.8 Modèle conceptuel des données

Le modèle conceptuel des données (**MCD**) a pour but d'écrire la manière avec laquelle les données seront utilisées par le système d'information (**SI**). C'est d'une reproduction des données qui admet de retracer le système d'information à l'aide des entités.

➤ Entités et classe d'entité

Une entité est la reproduction d'un élément ayant une implication dans le système que l'on désire retracer.

On appelle **classe d'entité** une composition formée d'entités de même type. L'organisation des entités dans une classe s'appelle abstraction ou classification. Une entité est une partie de la classe. Chaque entité est constituée de propriétés, données élémentaires permettant de la décrire.

Prenons par exemple un barrage, la capacité et le volume mort. Il s'agit de 3 entités faisant partie d'une classe d'entité que l'on pourrait appeler bassin versant.

Les classes d'entités sont symbolisées par un rectangle. Ce rectangle est subdivisé en 2 champs :

- le champ d'en haut s'appelle libellé. Ce dernier est une abréviation pour une facilitation de l'écriture. Il faut toujours que dans chaque classe d'entité lui concorde un seul libellé.
- le champ du bas contient la liste des propriétés de la classe d'entité

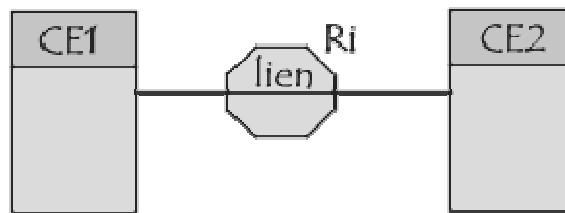


➤ Relations et classes de relation

Une relation représente les liens qui peuvent exister entre plusieurs entités. Une classe de relation relie donc des entités appartenant aux mêmes classes d'entité (CE). Une classe de relation peut nouer plus de 2 classes d'entités. Voilà les appellations des classes de relation selon le nombre d'entités :

- une classe de relation **récursive** ou réflexive relie la même classe d'entité,
- une classe de relation **binaire** relie deux classes d'entité,
- une classe de relation **ternaire** relie trois classes d'entité,
- une classe de relation **n-aire** relie n classes d'entité.

Les classes de relations sont symbolisées par des ellipses ou des hexagones qui joint les classes d'entité. On donne pour chaque classe de relation un identificateur de la forme R_i qui permet de montrer de façon unique la classe de relation à laquelle il est adjoint.

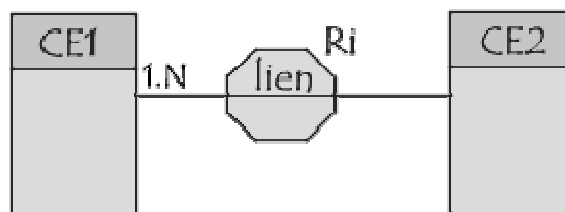


On peut éventuellement ajouter des propriétés aux classes de relation.

➤ La cardinalité

Les cardinalités permettent de définir le rapport qui sévit entre une entité et la relation à laquelle est jointe. La cardinalité d'une relation est constituée d'une paire comportant une borne minimale et une borne maximale, espace dans lequel la cardinalité prend sa valeur :

- la borne minimale (généralement 0 ou 1) retrace le nombre minimum de fois qu'une entité peut concourir à une relation,
- la borne maximale (généralement 1 ou n) retrace le nombre maximum de fois qu'une entité peut concourir à une relation.

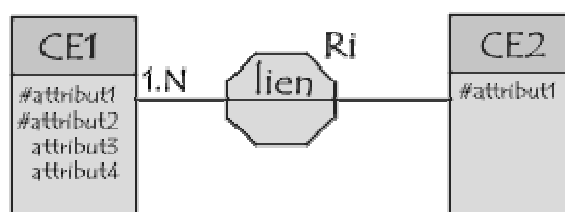


Une cardinalité 1.N définit que chaque entité appartenant à une classe d'entité participe au moins une fois à la relation.

Une cardinalité 0.N définit que chaque entité appartenant à une classe d'entité ne participe pas forcément à la relation.

➤ Les attributs

Les attributs d'une classe d'entité décrivent une entité, le modèle conceptuel des données préconise de faire précéder d'un # les identifiants (parfois de les souligner).



Ainsi, chaque classe d'entité doit avoir au moins un attribut, et l'ensemble de ses attributs identifiants doivent être transcrits à la création de l'entité.

Ci-dessous le modèle conceptuel des données concernant le SIGMITIDJA (fig. n°69).

I.9 Modèle physique de données (MPD)

Le modèle physique de données (MPD) est issu du MCD. Il reprend l'ensemble des tables et des champs pour la réalisation du SIGMITIDJA.

Cette étape consiste à implémenter le modèle dans le système de gestion de la base de données (SGBD), c'est-à-dire le traduire dans un langage de définition de données.

Le langage généralement utilisé pour ce type d'opération est le Structured Query Language (SQL), et plus spécialement le langage de définition de données du SQL.

➤ **DECOUPAGE ADMINISTRATIF**

Ce découpage est constitué par les sept (7) éléments suivants :

1. Table WILAYA;
2. Table COMMUNE ;
3. Table COMMUNE_POPUL;
4. Table AGGLOMERATION ;
5. Table AGGLO_POPUL;
6. Table Centre_consommation.
7. Table Centre _conso_agglo

Exemple :

• **Table WILAYA**

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code wilaya	<i>cod_wilaya</i>	AN	2	
Nom wilaya	<i>nom_wilaya</i>	A	20	
Population de la wilaya (dernier recensement)	<i>popul_total_wilaya</i>	N	7	
Superficie de la wilaya (km ²)	<i>superficie_wilaya</i>	R	8	
Taux d'accroissement de la wilaya (%)	<i>taux_accroiss_wilaya</i>	R	3	

• **Table COMMUNE**

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la Commune	<i>cod_com</i>	AN	4	
Code wilaya	<i>Cod_wilaya</i>	AN	2	
Code de la région hydrographique	<i>cod_region_hydro</i>	A	3	
Code du bassin versant	<i>cod_bv</i>	AN	3	
Nom de la commune	<i>nom_com</i>	A	40	
Superficie de la commune (km ²)	<i>superficie_com</i>	R	6	

Remarque : **AN** (données alphanumérique), **A** (données Alphabétiques), **R** (données réels), **N** (données numériques).

➤ **CADRE NATUREL**

Ce découpage est constitué par les quatre (4) éléments suivants :

1. Table REGION_HYDRO
2. Table BV
3. Table SBV
4. Table OUED

Exemples :

• **Table REGION_HYDRO**

DESIGNATION	Champ	Type	Long	Observation
Code de la région hydrographique	cod_region	A	3	
Nom de la région hydrographique	nom_region	A	40	
Superficie de la région hydrographique (Km ²)	superficie_region	R	10	
Potentialité en eau superficielle de la région hydrographique (Hm ³ /an)	poten_superf_region	R	8	
Potentialité en eau souterraine de la région hydrographique (Hm ³ /an)	poten_sout_region	R	8	

• **Table BV**

DESIGNATION	Champ	Type	Long	Observation
Code Bassin Versant	cod_bv	AN	3	
Nom Bassin Versant	nom_bv	A	30	
Code de la région hydrographique	cod_region	A	3	
Superficie (Km ²)	superficie_bv	R	8	
Densité de drainage (km ²)	densite_bv	R	6	
Précipitation moyenne (mm)	precipit_moy_bv	R	6	
Oued principal	Nom_oued	A	50	
Période d'observation des précipitations	periode_obs_bv	AN	50	
Date début – Date fin	dat_obs_bv	D		
Débit spécifique (l/s/ Km ²)	debit_bv	R	8	
Potentialité en eau superficielle (Hm ³ /an)	poten_super_bv	R	8	
Evapotranspiration (mm/an)	evapo_bv	R	8	
Périmètre (Km)	perimetre_bv	R	8	
Longueur du thalweg principal (Km)	long_thalweg_bv	R	8	
Longueur du rectangle équivalent (Km)	Long_rect_bv	R	8	
Largeur du rectangle équivalent (Km)	Larg_ret_bv	R	8	
Altitude maximale (m)	alt_max_bv	R	8	

(suite)

DESIGNATION	Champ	Type	Long	Observation
Altitude moyenne (m)	alt_moy_bv	R	8	
Altitude minimale (m)	alt_min_bv	R	8	
Indice de compacité	indice_bv	R	8	
Coefficient de torrentialité	coef_bv	R	8	

➤ **OUVRAGES HYDRAULIQUES ET DE CONSOMMATION**

Cette partie concerne l'essentiel ou le cœur du SIG, elle regroupe toutes les entités essentielles pour définir le cycle des ressources en eau, touchant principalement 3 filières : l'alimentation en eau potable, l'assainissement et la mobilisation des ressources en eau, cette partie est constituée de **60** tables tel que :

Table ST_DESSALEMENT

Table DESSAL_ARRET

Table BARRAGE_HIST

Table BARRAGE_VOLUME

Table BARRAGE_QUALITE

Table BARRAGE_HSV

Table BARRAGE_TRANSE

Table CHPS_CAPTAGE

Table FORAGE

Table USAGE (Usage des Forages)

Table FORAGE_USAGE

Table FORAGE_LOCAL

Table FORAGE_HIST

Table FORAGE_QUALITE

Table PUITES

Table PUITES_HIST

Table ST_TRAITEMENT

Table ST_TRAITEMENT_HIST

Table ST_TRAITEMENT_AGGLO

Table ST_TRAITEMENT_CDC

Table OUVRAGE_STOCK

Table GPI

Table GPI_WILAYATable GPI_HISTTable PLAN_CULTURE_GPITable AIRE_IRRIGATIONTable AIRE_HISTTable PMH_HISTTable PRISE_FIL_EAUTable UI_HISTTable UI_QUALITE

Remarque : les 60 tables sont détaillées en Annexe1.

Exemples :

- **Table FORMATION_UNITE**

DESIGNATION	Champ	Type	Long	Observation
Code Formation	<i>cod_forma</i>	N	2	
Code Unité hydrogéologique	<i>cod_unite</i>	AN	6	
Nom Formation	<i>nom_forma</i>	A	40	
Description de la lithologie	<i>desc_lithologie_forma</i>	A	40	
Age	<i>age_forma</i>	N	4	
Type	<i>Type_forma</i>	A	50	
Profondeur du toit de la formation (m)	<i>profond_toit_forma</i>	R	6	
Profondeur du toit du substratum (m)	<i>profond_subst_forma</i>	R	6	
Epaisseur (m)	<i>epaiss_forma</i>	R	6	
Niveau piézométrique min (m)	<i>niveau_piezo_min</i>	R	6	
Niveau piézométrique max (m)	<i>niveau_piezo_max</i>	R	8	
Transmissivité min (m ² /s)	<i>transmiss_min_forma</i>	R	6	
Transmissivité max (m ² /s)	<i>transmiss_max_forma</i>	R	8	
Coefficient d'emmagasinement (%)	<i>coef_emmagasi</i>	R	3	

- **Table PIEZOMETRE**

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code du piézomètre	<i>cod_piezo</i>	AN	9	
Code wilaya	<i>Cod_wilaya</i>	AN	2	
Code Commune	<i>cod_com</i>	AN	4	
Code sous bassin versant	<i>cod_SBV</i>	AN	4	
Code Formation captée	<i>cod_forma</i>	N	2	

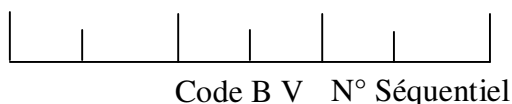
DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom du piézomètre	nom_piezo	A	40	
Année de mise en service	annserv_piezo	D	4	
Profondeur	profond_piezo	R	8	
Etat	Etat_piezo	A	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_piezo	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_piezo	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_piezo	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_piezo	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_piezo	R	10	

- **Table ST_DESSALEMENT**

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la station de dessalement	cod_dessal	AN	6	
Code Bassin versant	cod_bv	AN	3	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Nom station	nom_dessal	A	80	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Localité	localite_dessal	A	40	
Nature de la station de dessalement et déminéralisation	nature_dessal	A	50	Monobloc Classique
Mode de traitement de la station de dessalement et déminéralisation	trait_dessal	A	50	Osmose inverse
Capacité (m ³ /j)	capacite_dessal	R	8	
Usage	Usage_dessal	AN	50	
Etat	Etat_dessal	AN	50	
Gestionnaire	Gest_dessal	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_dessal	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_dessal	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_dessal	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_dessal	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_dessal	R	10	

Remarque : Code des stations de dessalement en 6 positions, en effet :

Les deux premières positions sont pour le code de la station de dessalement, les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant et les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service.



- **Table ST_EPURATION**

DESIGNATION	Champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la station	<i>cod_epur</i>	AN	6	
Code Commune	<i>cod_com</i>	AN	4	
Code sous bassin versant	<i>cod_sbv</i>	AN	4	
Nom station	<i>nom_epur</i>	A	40	
Code type entité	<i>Cod_type_entite</i>	N	2	
Année de mise en service	<i>annee_epur</i>	D		
Type STEP		A	21	
Capacité d'épuration Eq-	<i>capacite_epur</i>	R	8	
Débit moyen reçu (m ³ /j)	<i>debit_recu_epur</i>	R	8	
Débit moyen épuré (m ³ /j)	<i>debit_epur</i>	R	8	
Rendement épuratoire (%)	<i>rend_epur</i>	R	3	
Procédé d'épuration	<i>procede_epur</i>	A	50	
Niveau d'épuration	<i>niveau_epur</i>	A	50	
Volumes réutilisés pour	<i>volume_reutilise_IRRI</i>	R	6	
Volumes réutilisés pour IND	<i>volume_reutilise_IND</i>	R	6	
Milieu récepteur (oued ,mer...etc)	<i>milieu_recept_epur</i>	A	40	
Destination des boues	<i>dest_boues_epur</i>	AN	50	
Etat	<i>Etat_epur</i>	AN	50	
Gestionnaire	<i>Gest_epur</i>	AN	50	
Type de rejets	<i>Type_rejets_step</i>	AN	50	
Qualité de l'eau après	<i>Qualite_step</i>	AN	50	
Coordonnées	<i>coordXG_epur</i>	R	10	
Coordonnées	<i>coordYG_epur</i>	R	10	
Coordonnées (Z)	<i>coordZ_epu</i>	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	<i>coordXL_epur</i>	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	<i>coordYL_epur</i>	R	10	

pour le code des stations d'épuration il est en 6 positions, la répartition se fait comme suit : les deux premières positions sont pour le code de la station, les deux

positions suivantes représentent le code du bassin versant et les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service de la station d'épuration.

S	E					
---	---	--	--	--	--	--

Code B V N° Séquentiel

Remarque : toutes les tables utilisées pour l'élaboration du MPD, sont listés en annexe n°1.

Tableau n°81 : récapitulatif de différentes tables utilisées dans le SIGMITIDJA

		Table	Numéro d'annexe	Observation
Découpage Administratif		WILAYA		
		COMMUNE		
		COMMUNE_POPUL		
		AGGLOMERATION		
		AGGLO_POPUL		
		Centre_consommation		
		Centre_conso_agglo		
CADRE NATUREL		REGION_HYDRO		
		BV		
		SBV		
		OUED		
OUVRAGES HYDRAULIQUES ET CONSOMATION	OUVRAGES DE MOBILISATION	TYPE_ENTITE		
		ENTITE		
		UNITE_HYDROGEO.		
		UNITE_HYDRO_HIST		
		FORMATION_UNITE		
		PIEZOMETRE		
		PIEZO_NIVEAU	1	
		ST_DESSALEMENT		
		DESSAL_ARRET		
		DESSAL_HIST		
		ST_EPURATION		
		EPURAT_ARRET		
		EPUR_HIST		
		BARRAGE		
		BARRAGE_HIST		
		BARRAGE_VOLUME		
		BARRAGE_QUALITE		
		BARRAGE_HVS		
		BARRAGE_TRANSF		
		TRANSF_HIST		
RETENUE_COLLINAIRE				

		Table	Numéro d'annexe	Observation
OUVRAGES HYDRAULIQUES ET CONSOMATION	OUVRAGES DE MOBILISATION	CHPS_CAPTURE	1	
		FORAGE		
		USAGE (Usage des Forages)		
		FORAGE_USAGE		
		FORAGE_HIST		
		FORAGE_QUALITE		
		TYPE_ENTITE		
		PUITS_HIST		
		SOURCE		
		SOURCE_HIST		
		SOURCE_QUALITE		
		ZONE_HUMIDE		
		ZONE_HUMIDE_HIST		
		ZONE_HUMIDE_QUALITE		
		PRISE_DERIVATION		
		PRISE_DESTINATION		
	PRISE_HIST			
	ADDUCTION ET ASSAINISSEMENT	ADDUCTION	1	
		Type_transport		
		ADDUCTION_TRANSP		
		ST_TRAITEMENT		
		ST_TRAITEMENT_HIST		
		TRAITEMENT_CDC		
		RESEAU_ASSAINISSEMENT		
	CONSOMATION	GPI	1	
		GPI_WILAYA		
		GPI_HIST		
		PLAN_CULTURE_GPI		
		AIRE_IRRIGATION		
		AIRE_HIST		
		PMH_HIST		
		PRISE_FIL_EAU		
		Table UI		
ALIMENTATION_UI				
UI_HIST				
UI_QUALITE				
ZONE_TOURISTIQUE				

I.10 Approche et architecture du SIG

Pour réaliser le SIG on doit disposer des données qui seront liées à une cartographie ou couches, constituées de :

- images spatiales (images Landsat),
- Couche d'occupation des sols,
- Couche hydrographique,
- Couche hydrogéologique,
- Couches découpages administratifs,
- Couche des Barrages,
- Couche des stations de dessalement,
- Couche des STEP,
- Couche des champs de captages,
- Couche de la petite et moyenne hydraulique (PMH)
- Couche des grands périmètres d'irrigation (GPI),
- Couche des régions hydrographiques,
- Modèle numérique terrestre (MNT).

Après avoir recueilli les données nécessaires pour l'élaboration du SIG et leurs géoréférencement sous ArcGis, Le SIGMITIDJA est créé.

L'importation directe s'effectue via des triggers (déclencheurs), ce sont des requêtes installées dans la base de données (BD) qui se déclenchent automatiquement lors de la modification de données contenues dans le système d'information (SI).

La Base de données SIGMITIDJA va regrouper l'ensemble des données nécessaires dans la Mitidja, cette base de données contient des informations géographiques sur les objets ainsi que leurs données attributaires.

Le logiciel ArcGIS, installé avec son serveur, permet de mettre à jour les données géographiques et les données attributaires (figure n°70).

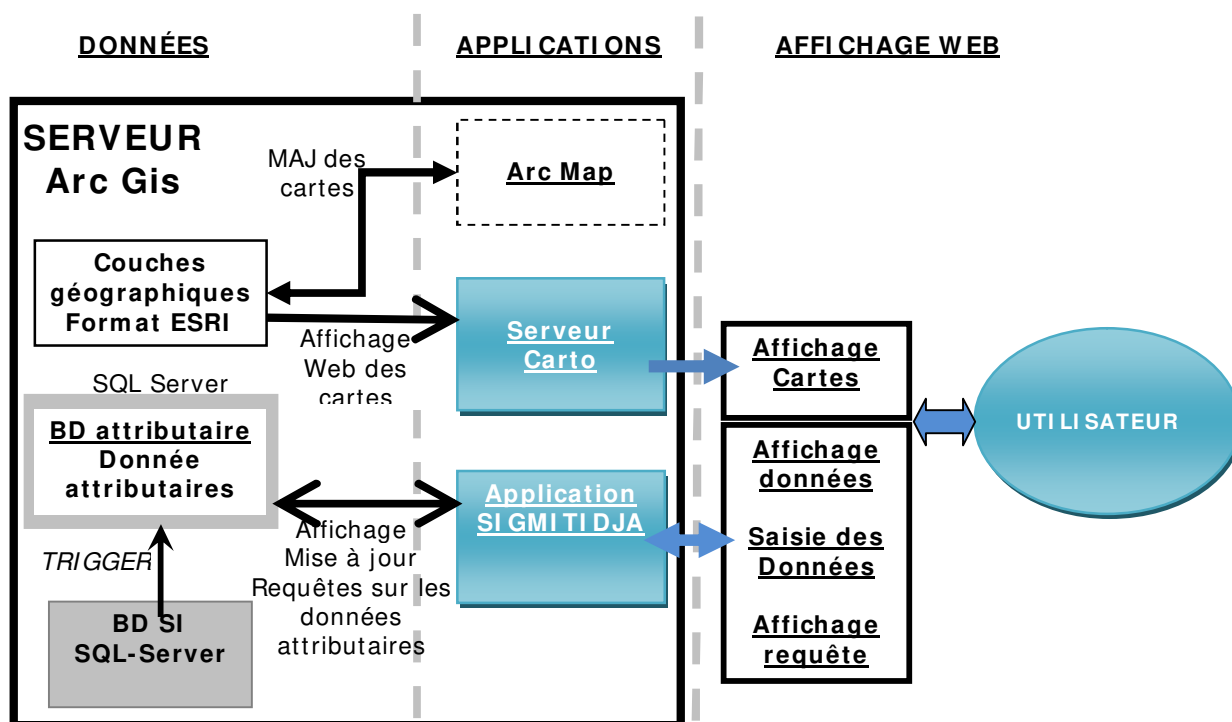


Fig. n°70 : Architecture du SIG de la Mitidja

I.11 Mise en place du SIG

Après élaboration des différentes couches, on obtient notre SIG, nous pouvons ainsi afficher les couches à la demande, Il peut en découler du SIG différentes cartes thématiques en fonction de nos besoins.

Les figures n° 71,72 illustrent le SIG qui schématise :

1. La nappe de la Mitidja à travers ces différents aquifères;
2. Barrages;
3. Stations de dessalements;
4. Oueds;
5. Les stations d'épurations;
6. Les champs captant;
7. Les grands périmètres d'irrigation (GPI) ;
8. La petite et moyenne hydraulique (PMH) ;
9. Points de consommation de l'alimentation en eau potable (AEP).
10. Bassins hydrographique et sous bassins versants

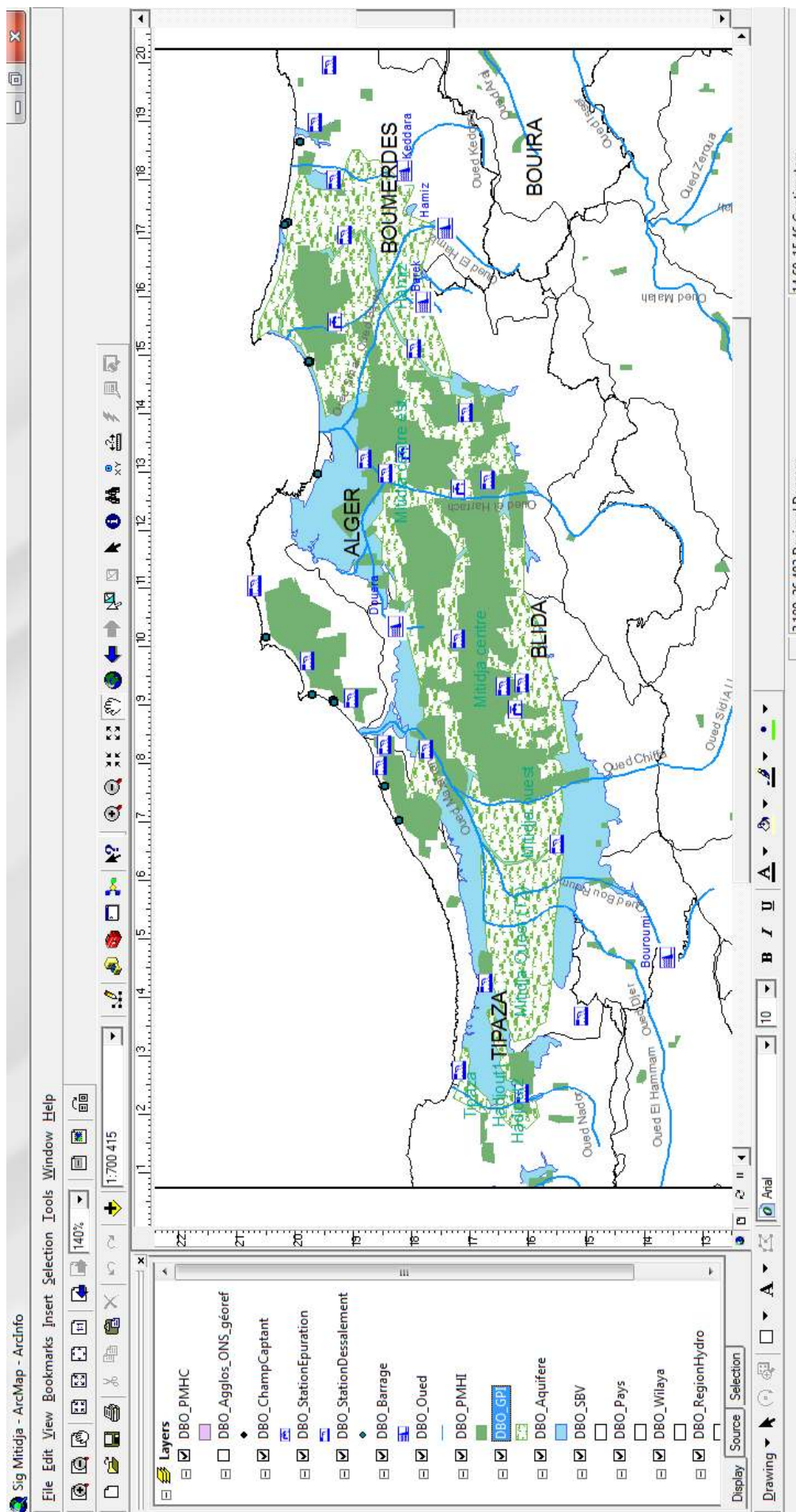


Fig.n°71 : Architecture du SIG de la Mitidja (affichage 1)

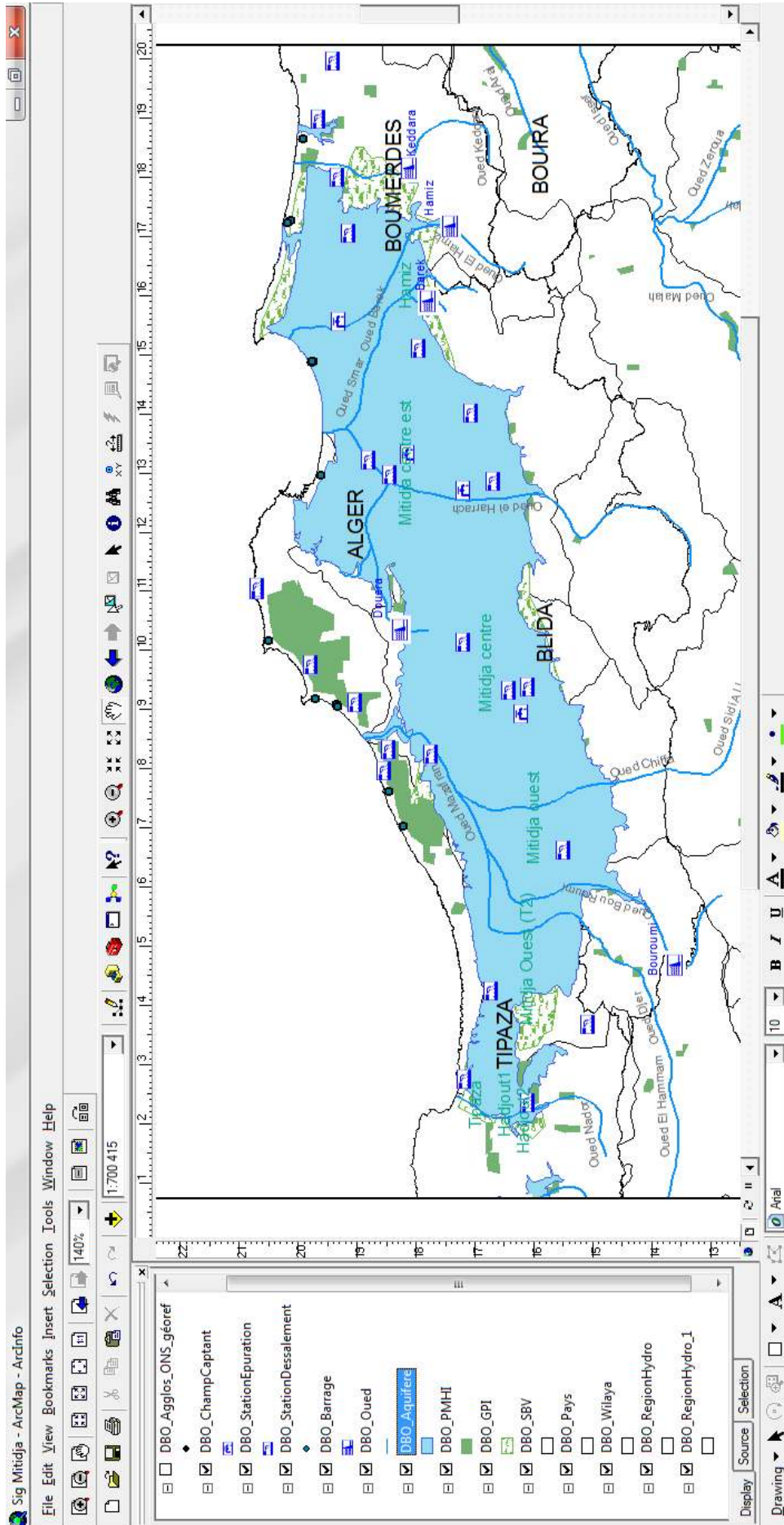


Fig.n°72 : Architecture du SIG de la Mitidja (affichage 2)

I.12 Conclusion

Le Système d'Information Géographique (SIG) compte parmi les nouvelles techniques informatiques destinées au domaine de prévision et d'intervention puisqu'il répond à une problématique de gestion, de planification et d'aménagement. Le SIG offre les possibilités de croisement au sein d'une base de données spatialement référencée de façon à extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Dans notre travail, le recours au SIG dans un but d'élaborer des cartes thématiques pour la préservation de l'eau et l'environnement constitue un volet important en matière de suivi et d'actualisation des données par zone géographique ou administrative.

C'est un référentiel permettant de maîtriser la dynamique des informations dans le temps et dans l'espace, un outil de planification et de développement déterminant pour des zones fragilisées et soumises à différents impacts, entre autres celui de la pollution.

Avec sa capacité de manipulation, d'intégration et de superposition des couches, le S.I.G permet de visualiser et d'analyser plusieurs cartes thématiques en même temps.

Ce travail montre l'apport capital fourni par le SIG pour la prise de décision. Il permet aux gestionnaires de l'eau un accès facile à une information pertinente, et aussi de partager de façon claire et transparente des informations sur la gestion de l'eau dans la Mitidja et sensibiliser à la pollution des eaux souterraines.

Il peut servir pour la gestion et la manipulation des informations requises pour la délimitation des périmètres de protection (DPP) et l'étude de vulnérabilité des eaux souterraines, notamment l'utilisation de la méthode DRASTIC qui ne peut être possible sans l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG), en raison de la masse très importante des données nécessaire, notamment dans le cas de nappes d'extension régionale comme c'est le cas de la Mitidja.

chapitre 2

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la Mitidja

II.1) Introduction

Depuis le développement des techniques de pompage, les eaux souterraines occupent une place de choix dans l'alimentation en eau domestique et industrielle. Cette place est justifiée grâce à leurs qualités intrinsèques favorisées par le sol. Ce dernier joue un rôle d'épurateur, de protection et de préservation.

Cependant de nos jours des pollutions de nappes sont enregistrées fréquemment et cela en relation avec l'activité anthropique. Au regard de l'importance économique et urbaine d'une zone, les eaux souterraines jouent un rôle primordiale pour répondre aux besoins en eau de l'activité humaine.

Par ailleurs, la composition des eaux souterraines peut varier à la suite d'une modification des réactions et d'échanges naturels de matières ou à la suite d'une introduction de composés naturels ou synthétiques.

La vulnérabilité des eaux souterraines est une propriété relative, non-mesurable et sans dimension [93]. Le concept de base pour l'estimation de la vulnérabilité de l'eau souterraine est que l'environnement physique, biologique et chimique naturel peut offrir une forme d'autoprotection naturelle contre les atteintes en provenance des activités humaines polluantes, ou de phénomènes naturels polluants, localisés en surface ou subsurface ([46]; [93]).

Ainsi cette vulnérabilité étant alors par définition la plus élevée là où l'autoprotection du système hydrogéologique est la plus faible, selon un point de vue maximaliste, et en considérant les échelles de temps de certains phénomènes hydrogéologiques et de possibles contaminations.

Le concept généraliste de la vulnérabilité de l'eau souterraine devrait refléter la facilité avec laquelle un système aquifère, transforme une pression (en amont) en un impact (en aval).

Dans ce travail, l'étude réalisée s'attache à caractériser la vulnérabilité aux pollutions de la nappe de la Mitidja, à travers l'analyse cartographique de la vulnérabilité issue du SIG, ce dernier constituant une source de données diverses géoréférencés (nature géologique des formations aquifères, topographie, épaisseur de la zone non-saturé, etc). Ceci constituera un outil d'aide de décision et une réflexion pour mieux protéger ces ressources stratégiques.

II.2) Définition

Le terme de vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination a été introduit pour la première fois par Margat en 1968. Cette notion est liée à celle de la contamination dans tous les cas pour lesquels une activité anthropique cause une perturbation de la nature de ces eaux. Elle peut également être basée sur le niveau acceptable d'altération de la qualité d'eau souterraine.

Généralement, elle est considérée comme étant le risque de dégradation de la qualité de l'eau due à l'activité humaine compromettant ainsi l'exploitation de cette ressource.

Deux types de vulnérabilité ont été définis : la vulnérabilité relative et la vulnérabilité intrinsèque [34].

II.2.1) La vulnérabilité intrinsèque

la vulnérabilité intrinsèque est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines

II.2.2) La vulnérabilité relative (spécifique)

la vulnérabilité spécifique est le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque.

II.3) Critères d'évaluation de la vulnérabilité

D'après les études antérieures [34], on peut apprécier la vulnérabilité selon les critères suivants :

II.3.1) Le recouvrement de la surface du sol et du sous-sol

Ce critère est lié à la nature des constituants de surface et de leur morphologie, on tient compte ensuite des caractéristiques du sol c'est-à-dire de la porosité, de la perméabilité, de la capacité d'échange cationique...etc. La nature de la zone non saturée et son épaisseur représentent des éléments importants en raison de leur rôle protecteur.

II.3.2) Critères relatifs à l'aquifère

Dans cette partie on s'intéresse à la géométrie de l'aquifère, à son étendue et à la profondeur du niveau statique, viennent ensuite les paramètres hydrodynamiques (Transmissivité, perméabilité,...etc.). En effet, la nature lithologique joue un rôle important, ce qui influence directement la vitesse de propagation des polluants.

II.3.3) Critères relatifs à la nature du polluant

Ce dernier a un rôle prépondérant dans l'établissement des cartes de vulnérabilité spécifiques pour un polluant bien déterminé sous forme de cartes locales.

Dans notre étude on s'intéresse à une carte de vulnérabilité d'ordre régional (intrinsèque). En effet, à une telle échelle, il est difficile d'évaluer le comportement exact de chaque polluant en raison de leur nombre important et de la vaste hétérogénéité des formations, chaque polluant ayant un comportement spécifique vis-à-vis de la nature lithologique des terrains traversés.

II.4) Cartographie de vulnérabilité : attributs et paramètres

La cartographie de vulnérabilité se base sur une série d'attributs et de paramètres en provenance de diverses sources de données: géologiques, hydrogéologiques, pédologiques..etc. Ces paramètres sont ensuite combinés en divers indices relatifs de vulnérabilité. Le tableau n°82 présente les principaux attributs, et leurs paramètres associés, nécessaires pour l'établissement de la carte de vulnérabilité.

Tableau n°82 : Attributs de la vulnérabilité de l'eau souterraine et paramètres associés (modifié d'après Vrba (1991) [34])

Attributs	Vulnérabilité intrinsèque							Vulnérabilité spécifique
	Importance primaire				Importance secondaire			
	Soil	Zone non-saturée (zone vadose)	Zone saturée (aquifère)	Recharge	Topographie	Unités géologiques encaissantes	Contact avec eaux de surface et/ou eaux de mer	
Principaux	Texture	Epaisseur	Epaisseur	Recharge nette	Pente	Perméabilité	Débîts d'échange nappe - rivière	Capacités d'atténuation du sol, de la zone non-saturée et de l'aquifère, par type de contaminant ; temps de transit pour le transport du type de contaminant
	Structure	Lithologie (consolidation et stratification inclus)	Lithologie (consolidation et stratification inclus)	Précipitations annuelles	Variabilité topographique de la surface	Structuration et tectonique	Perméabilité des zones de contact	
	Epaisseur	Temps de transit de l'eau	Porosité efficace			Zone de recharge et d'exutoire	Interface eau douce - eau salée	
	Teneur en matière organique		Conductivité hydraulique					
	Teneur en minéraux argileux		Directions d'écoulement					
Supplémentaires	Perméabilité		Age et temps de résidence de l'eau					Temps de résidence des contaminants dans l'aquifère Caractéristiques du transport de contaminants : K_d , demi-vie Recharge artificielle Irrigation Drainage
	Capacité d'échange cationique (CEC)	Taux d'altération	Accessibilité hydraulique (non-confiné vs semi-confiné)	Evapotranspiration	Couvert végétal	Aquifères confinés ; même paramètres pour les formations au toit de l'aquifère		
	Capacité de sorption et réduction	Perméabilité	Coefficient d'emmagasinement	Evaporation				
	Densité totale		Transmissivité	Températures moyennes de l'air				
	Teneur maximale en eau Paramètres de la zone racinaire							

II.5) Cartes de vulnérabilités et leur intérêt

Elles correspondent à des cartes hydrogéologiques thématiques d'extensions régionales, leur échelle peut varier de 1/50 000 ème à 1/200 000 ème. Dans ce cas, quelques détails seront perdus, ce qui implique une insertion d'études locales pour renforcer l'estimation de la vulnérabilité spécifique à un contaminant donné.

Ces cartes sont très utiles car elles facilitent la prise de décision vis-à-vis de l'aménagement du territoire et de la gestion de la ressource en eau.

II.6) Différentes méthodes d'estimation de la vulnérabilité

Les premières cartes de vulnérabilité à la pollution sont apparues dans les années soixante-dix [4].

Ces dernières constituent des synthèses de quelques grandeurs et peuvent être rangées en trois (03) groupes fondamentaux selon les méthodes utilisées :

Les méthodes d'estimation peuvent être classées en trois catégories principales selon [60] :

- Méthodes paramétriques avec indices superposables (empiriques);
- Méthodes par modélisation physique (mathématiques-numérique);
- Méthodes statistiques (prévisionnelles).

Le choix de la méthode à adopter pour la réalisation d'une carte de vulnérabilité se fait à partir du degré de complexité voulu [43] .Il dépend donc de la validité scientifique des conclusions et du type d'utilisation désiré.

II.7) Méthodes paramétriques avec indices superposables (empiriques)

L'intérêt de ces méthodes consiste à donner une approche synthétique et interprétative lors de l'évaluation de la vulnérabilité. L'intégration des paramètres physiques de l'aquifère est très importante pour une bonne estimation du domaine souterrain.

Ces méthodes peuvent être rangées en trois (03) groupes selon les méthodes utilisées :

- Méthodes orientées sur un système de cotation numérique.
- Méthodes orientées sur les documents cartographiques.
- Méthodes générales ou mixtes.

II.7.1) Méthodes orientées sur un système de cotation numérique

II.7.1.1) La méthode de SILKA (1978) [42]

Celle-ci est plus facile à réaliser et économique en même temps. Elle tient compte de la qualité du polluant. Ses différents paramètres sont répartis comme suit :

- Une description de la zone non saturée (une côte de 1 à 9).
- Une caractérisation de l'extension de l'aquifère (une côte de 1 à 5).
- Une caractérisation physico-chimique de l'eau (une côte de 1 à 6).

Dans le cas de la présence de pesticides, une côte variable de 5 à 9 est mise en place selon cinq critères :

- La toxicité,
- la mobilité,
- la persistance,
- le volume et
- la concentration du produit.

Pour désigner la distance d'une région vulnérable localisée à proximité d'un point d'eau, on affecte une cote de 9. L'évaluation du degré de confiance est réalisée par l'introduction d'une lettre d'appréciation (exemple A : bonne estimation).

Dans la finalisation du travail, les différents résultats et étapes antécédentes seront exposés sous forme de tableau.

II.7.1.2) La méthode de THORNHIL (DRASTIC) 1985 [42]

Cette dernière est développée par (NWWA : National Water Well Association), son intérêt est d'évaluer les risques de dégradation de la qualité des eaux souterraines.

C'est une méthode empirique fondée sur trois (03) axes :

- Son domaine d'application à l'échelle régionale.
- La source initiale de pollution se répand dans le milieu à partir de la surface du sol par l'infiltration.
- La qualité du contaminant n'intervient pas sur le degré de vulnérabilité. Le terme DRASTIC est l'abrégié des sept (07) paramètres de la méthode.

Des cotes sont attribuées pour chaque valeur des paramètres sous forme de tableau. vient ensuite l'élaboration de l'indice DRASTIC qui est égal à la somme des poids par cotes :

$$I \text{ DRASTIC} = D_c \cdot D_p + R_c \cdot R_p + A_c \cdot A_p + S_c \cdot S_p + T_c \cdot T_p + I_c \cdot I_p + C_c \cdot C_p$$

Où **c** et **p** indiquent respectivement la cote et le poids octroyés à chaque paramètre.

II.7.1.3) La méthode GOD (Foster et Hirata, 1991) [45]

Dans cette méthode, la vulnérabilité est réalisée suivant l'inaccessibilité dans la zone non saturée au sens de l'identification du polluant, cette dernière est basée sur trois (03) éléments :

- Identification de la nature de l'aquifère selon son degré de confiance (C_i).
- La profondeur de la nappe (C_p).
- La particularité de la zone non saturée (porosité, perméabilité, contenu en eau), (C_a).

Dans cette méthode, l'indice de vulnérabilité est le suivant ($I \text{ GOD}$) = $C_i * C_p * C_a$.

II.7.1.4) La méthode de PRAST [90]

Dans cette méthode on voit l'apparition d'un nouvel élément (P: pouvoir épurateur du sol) qui regroupe trois paramètres (D, I, C) de la méthode DRASTIC. En effet, cette démarche facilite la méthode précédente (DRASTIC). Le pouvoir épurateur du sol (P) correspond aux phénomènes de l'autoépuration naturelle du sol qui est le paramètre le plus important dans la méthode.

Les éléments de la méthode sont donnés ci-dessous :

- Le pouvoir épurateur du sol (P).
- La recharge (R)
- Type de l'aquifère (A).
- Type du sol (S).
- La topographie (T).

II.7.2) Méthodes orientées sur les documents cartographiques

Dans ces méthodes on tient compte en premier lieu des conditions suivantes :

- La nature du recouvrement (sol et sous sol).
- La profondeur de la nappe.

En seconde partie, on prend en considération l'intercalation des formations aquifères vis-à-vis du polluant; donc tous ces éléments ont été déduits à partir des documents cartographiques.

II.7.2.1) La méthode Albini et Margat (1970) [4]

Cette méthode se résume à une représentation globale des éléments qui contrôlent la vulnérabilité, à savoir :

- La profondeur de la nappe.
- Le drainage de surface.
- La nature lithologique du sous-sol.

En effet, le degré de vulnérabilité est évalué sous forme de classes avec des valeurs bien déterminées.

II.7.2.2) Méthode WHipp (1982) [42]

Cette méthode tient compte des critères suivants :

- La profondeur de la nappe.
- La déplacement de l'eau.
- La perméabilité du sol.
- L'utilisation de l'eau.

Cette dernière donne trois catégories de vulnérabilité (Forte, Moyenne, Faible).

II.7.2.3) La méthode anglaise NRA (National River Authority) [69]

Elle a été évaluée par l'NRA en 1992. Ses grands axes de réalisation sont :

- La pédologie (caractéristiques du sol).
- Le contaminant et son rôle comme l'élément principal.
- L'épaisseur de la nature de la zone non saturée.

II.7.3) Méthodes générales ou mixtes

Ces méthodes donnent une approximation globale à partir d'une analyse des critères de la protection des nappes. Elle tient compte de la géologie et de l'hydrogéologie.

II.7.3.1) La méthode de Vierhuff (1982) [42]

Cette dernière dépend des paramètres suivants :

- La nature du sol et la zone non saturée.
- La profondeur de la nappe.
- Le régime hydrologique.

Ces paramètres précédents sont groupés par VierHuff en cinq (05) classes (de forte à très forte vulnérabilité).

II.7.3.2) La méthode de Villumsen et Sonderskov (1982) [42]

Ces derniers ont proposé quatre (04) paramètres, l'un tient compte de la variation du niveau piézométrique échelonné sur des cotes correspondantes, les autres dépendent de :

- La capacité d'adsorption du sol.
- La zone saturée et ses caractéristiques.

II.7.3.3) La méthode de Haertlé (1983) [42]

Dans cette méthode deux critères essentiels sont retenus :

- L'épaisseur de la zone vadose (zone non saturée).
- La perméabilité de la formation aquifère.

Cette méthode est classée suivant l'épaisseur des formations et de leur nature lithologique ; en effet le domaine de classification varie entre faible, moyenne et haute.

Les méthodes paramétriques, admettent de calculer rapidement et d'une façon empirique les indices de vulnérabilité et se basent sur une sélection d'attributs et de paramètres physiques représentatifs de la vulnérabilité (profondeur de la nappe, type de sol, etc.), qui sont numérisés et classés par fourchette décroissante.[41] dissocient la famille des méthodes paramétriques en trois sous-systèmes, selon l'approche théorique utilisée.

Le tableau n°83, résume les avantages et inconvénients des approches énumérées au préalable.

Tableau n°83 Avantages, inconvénients et type d'utilisateurs-cible pour les trois types principaux de méthodes d'estimation de la vulnérabilité [36]

Type de méthode	Avantages	Inconvénients	Type d'utilisateur	Référence
Méthodes paramétriques-empiriques	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts réduits • Rapides • Peu gourmandes en données hydrogéologiques • Facilement interprétables 	<ul style="list-style-type: none"> • Indices de vulnérabilité purement quantitatif • Fortement dépendantes du jugement de l'expert • Fréquentes divergences d'estimation entre les méthodes (pour un même site) 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrations et gouvernements. • Experts divers • Domaine éducatif 	Aller et al.(1987). Civita et al.(1997). Vias et al.(2005)
Méthodes par modélisation physique	<ul style="list-style-type: none"> • Indices de vulnérabilité quantifiés. • Peu ou pas de jugement subjectif de l'expert. • Permettant l'estimation de la vulnérabilité intrinsèque ou spécifique. • Basées sur la physique réelle des écoulements souterraines. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gourmandes en données hydrogéologiques • Difficilement utilisables sans consultation de l'expert • Coûts élevés : main-d'œuvre et logicielles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experts en hydrogéologie et science de l'environnement • Administrations et gouvernements 	Connell et al (2003). Neukum et al.(2009). Jeannin et al.(2001)
Méthodes statistiques-prévisionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Indices de vulnérabilité quantifiés, avec incertitudes • Peu ou pas de jugement subjectif de l'expert • Correlations directes avec des données de terrain (contaminations réelles et potentielles) 	<ul style="list-style-type: none"> • Spécialisées : souvent développées pour un seul type de contaminant. • Pas de méthodes « clé-en-main » • Difficilement utilisables sans consultation de l'expert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experts en hydrogéologie et sciences de l'environnement. • Administrations et gouvernements 	Masetti et al.(2009). Lesonero et al.(1997). Worrall et al (2003). Worrall et al.(2005).

Pour conclure cette partie, on peut dire que les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité se rapprochent entre elles, cela est dû dans la majorité des cas à la convergence de leurs critères d'évaluation de base.

Parmi toutes ces méthodes, la méthode **DRASTIC** se caractérise par une structure très efficace et une accessibilité aisée des données de base et reste très utilisée dans le monde, raison pour laquelle elle est retenue pour notre présent travail.

II.8) Concept et procédure de la méthode DRASTIC

II.8.1) Hypothèses de base

Avant tout, la vulnérabilité d'une nappe à la pollution est une notion relative, non mesurable et sans dimensions. L'approximation de son évaluation dépend essentiellement de la nature de la qualité et de la fiabilité des données.

En effet, cette méthode tient compte de (03) hypothèses de base :

- Les sources de contamination se trouvent à la surface du sol.
- La qualité du contaminant n'intervient pas lors de l'évaluation de l'indice DRASTIC.
- Les polluants atteignent l'aquifère par le transit de la zone non saturée (infiltration efficace).

II.8.2) Paramètres (DRASTIC)

La méthode a été établie par [8]. Elle fait partie du groupe des méthodes d'évaluation basées sur l'attribution d'une notion aux différents paramètres utilisés (variant généralement entre 1 et 10).

La méthode DRASTIC est basée sur l'estimation de sept (07) paramètres relatifs à la recharge, le sol, la zone non saturée et l'aquifère.

- **(D)** : Depth ; correspond à la profondeur de la nappe.
- **(R)** : Net Recharge ; la recharge nette.
- **(A)** : Aquifer Media ; la nature de l'aquifère.
- **(S)** : Soil Media ; nature du sol.
- **(T)** : Topography ; la topographie.
- **(I)** : Impact of vadose media ; impact de la zone vadose.
- **(C)** : Hydraulic conductivity for the aquifer; la conductivité hydraulique de l'aquifère.

Le tableau n°84 contient des poids attribués pour chaque paramètre, les poids les plus élevés (05) sont attribués à la nature lithologique, la zone non saturée et son épaisseur. Tandis que les poids les plus faibles (1 et 2) sont octroyés respectivement à la topographie et à la nature lithologique du sol.

Tableau n° 84: Poids attribués aux paramètres DRASTIC (Aller et al, 1987) [8]

Classes	Poids
Classe (I) * Profondeur de la nappe.	5
* La nature lithologique de la zone non saturée	5
Classe (II) * La recharge	4
* La nature lithologique de l'aquifère	3
* La conductivité hydraulique	3
Classe (III) * La texture du sol.	2
* La topographie.	1

Une fois les différentes classes définies et leurs côtes attribuées, la méthode détermine l'indice **DRASTIC** (I_d) qui permet de caractériser le degré de la vulnérabilité d'un secteur de la nappe.

En effet, la vulnérabilité est d'autant plus importante que l'indice (I_d) calculé est plus élevé, ce dernier est défini comme suit :

$$I_d = D_c \cdot D_p + R_c \cdot R_p + A_c \cdot A_p + S_c \cdot S_p + T_c \cdot T_p + I_c \cdot I_p + C_c \cdot C_p$$

D.R.A.S.T.I.C : représente les paramètres DRASTIC définis précédemment. **c** et **p** : donnent respectivement les cotes et poids attribués à chaque paramètre.

Ces cotes variant de **1** à **10**, définies en fonction d'intervalle de valeurs. La plus petite représente les conditions les plus faibles de la vulnérabilité à la contamination. La carte finale sera réalisée par la superposition des différentes cartes thématiques avec la mise en place des différentes unités hydrogéologiques.

II.8.3) Collecte de données

La collecte des données intéresse les paramètres suivants: la géologie, la pédologie, la topographie, les conditions hydrodynamiques du milieu aquifère et l'hydrologie.

L'efficacité de l'indice DRASTIC tient compte de la qualité des données précédentes (fig.73).

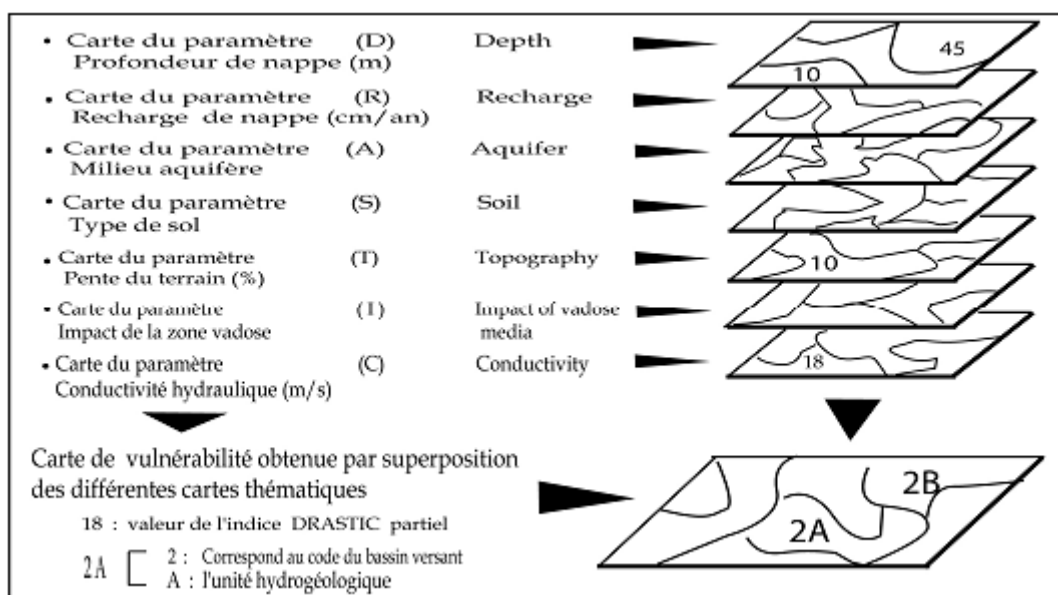


Fig.n°73 :Elaboration de la carte de vulnérabilité à partir de la superposition des différentes cartes thématiques [8].

II.8.4) Interprétation des indices DRASTIC

D'après (aller et al, 1987),il y a cinq (05) classes de vulnérabilité, la plus faible correspond à une borne inférieure à $I_d = 23$, jusqu'à la plus forte avec une borne maximale de $I_d = 226$. (Fig.74).

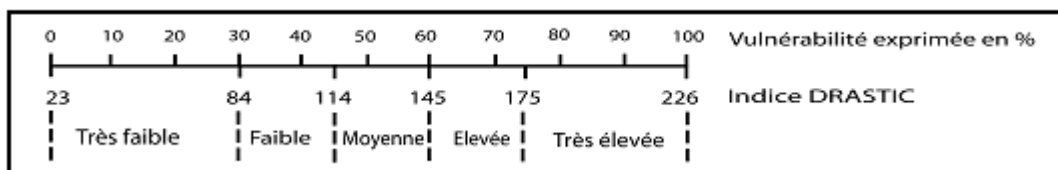


Fig.n° 74 : classes de vulnérabilité selon la méthode DRASTIC

II.8.5) Description des paramètres (DRASTIC)

II.8.5.1) La Profondeur de la nappe (D)

Cette profondeur gère le transit du polluant à travers la zone non saturée. Dans le cas d'une nappe captive, la profondeur de l'eau correspond à celle du toit de l'aquifère. Dans le cas d'une nappe libre, elle correspond à la profondeur de son niveau statique.

II.8.5.2) La Recharge (R)

C'est un paramètre très difficile à évaluer car il dépend de plusieurs éléments : climatiques, géologiques, pédologiques, topographiques.

La recharge est nécessaire à l'élaboration de la carte de vulnérabilité, puisque, en premier lieu, elle reflète l'infiltration et la recharge des nappes et en deuxième lieu, engendre le transfert des polluants.

En effet, la vulnérabilité des nappes augmente avec l'accroissement de l'infiltration. Cela est valable en deçà d'une valeur maximum de l'infiltration. Au-delà de cette valeur, on aura le phénomène de dilution des polluants qui provoquera un effet inverse sur la vulnérabilité.

II.8.5.3) La nature de l'Aquifère (A)

La description lithologique de la zone saturée est très importante dans l'élaboration des cartes de vulnérabilité. Étant donné que la nature de l'aquifère est l'endroit de transit et de stockage des eaux souterraines, il devient important de connaître sa structure et sa perméabilité.

II.8.5.4) Le paramètre Sol (S)

Ce dernier joue un rôle très important dans la vulnérabilité des eaux souterraines. Cela est dû à sa capacité d'absorber ou pas les polluants avant leur passage vers la zone non saturée, ce qui engendre une série de réactions réalisées par des microorganismes.

En dernier lieu, l'intensité de ces réactions peut diminuer l'impact du polluant.

II.8.5.5) La Topographie (T)

La topographie contrôle le degré de l'infiltration et de la circulation de surface (ruissellement). Une pente faible favorise l'infiltration et minimise le ruissellement.

Lorsque les pentes sont assez fortes, la circulation de surface est favorisée au détriment de l'infiltration. En effet, lorsqu'on a une infiltration importante cela implique directement un risque de contamination plus élevé.

II.8.5.6) La zone Vadose; zone non saturée (I)

Elle correspond au foyer de plusieurs interactions chimiques, physiques au cours du transfert des eaux vers la zone saturée. Ainsi ces conditions mobilisent les eaux et leurs réactions avec les formations traversées.

Toutefois, il y aura toujours une possibilité d'autoépuration dans cette zone, en relation avec l'intensité du polluant.

II.8.5.7) La conductivité hydraulique (C)

La conductivité hydraulique varie en fonction de plusieurs paramètres tels que : la porosité du milieu, son degré de fracturation et les caractéristiques de l'écoulement souterrain (débits, vitesses, ...etc.).

Elle est évaluée directement à partir des mesures de terrain (essai de pompage, essai de puits,...etc.) ou estimée à partir des documents (lithologie des terrains, abaques,...etc.).

II.9) Elaboration de la carte de vulnérabilité :

II.9.1) Acquisition des données

Les données utiles à l'élaboration des cartes thématiques sont basées sur les études antécédentes qui nécessitent parfois des compléments d'information, ces cartes seront la base de l'élaboration des cartes des paramètres de la méthode DRASTIC: (Annexe n°2).

Remarque : pour faire notre étude nous nous sommes basés sur l'année 2008, ce choix est justifié par :

- Utilisation de certaines données de l'étude [84] qui a été effectuée en 2008.
- Beaucoup de chercheurs dans ce domaine utilisent les données d'une année ou déroge de cette règle exceptionnellement mais uniquement pour un paramètre sur les sept existants [101], [102], [103], [104].

II.9.2) Réalisation des cartes thématiques des paramètres de la méthode DRASTIC

II.9.2.1) Carte thématique de la profondeur du niveau d'eau (D)

Les données piézométriques jouent un rôle très important dans la réalisation de la carte des profondeurs de la nappe ; les valeurs enregistrées au niveau des forages et puits ont été regroupées selon des intervalles (voir Tab.88).

Une carte piézométrique d'avril 2008 a été réalisée par l'ANRH à partir de l'ensemble des points de mesure du réseau de suivi. Cette carte a été digitalisée sous Map info, de façon à obtenir avec Vertical Mapper une grille qui couvre l'ensemble de la zone d'étude (fig.75).

Remarque : il est à noter que l'ANRH effectue chaque année 2 campagnes piézométriques, cependant au titre de l'année 2008 la deuxième campagne, est incomplète et ce, en raison du manque de personnel et de défectuosité du matériel, ainsi nous étions contraint de prendre uniquement la campagne d'avril.

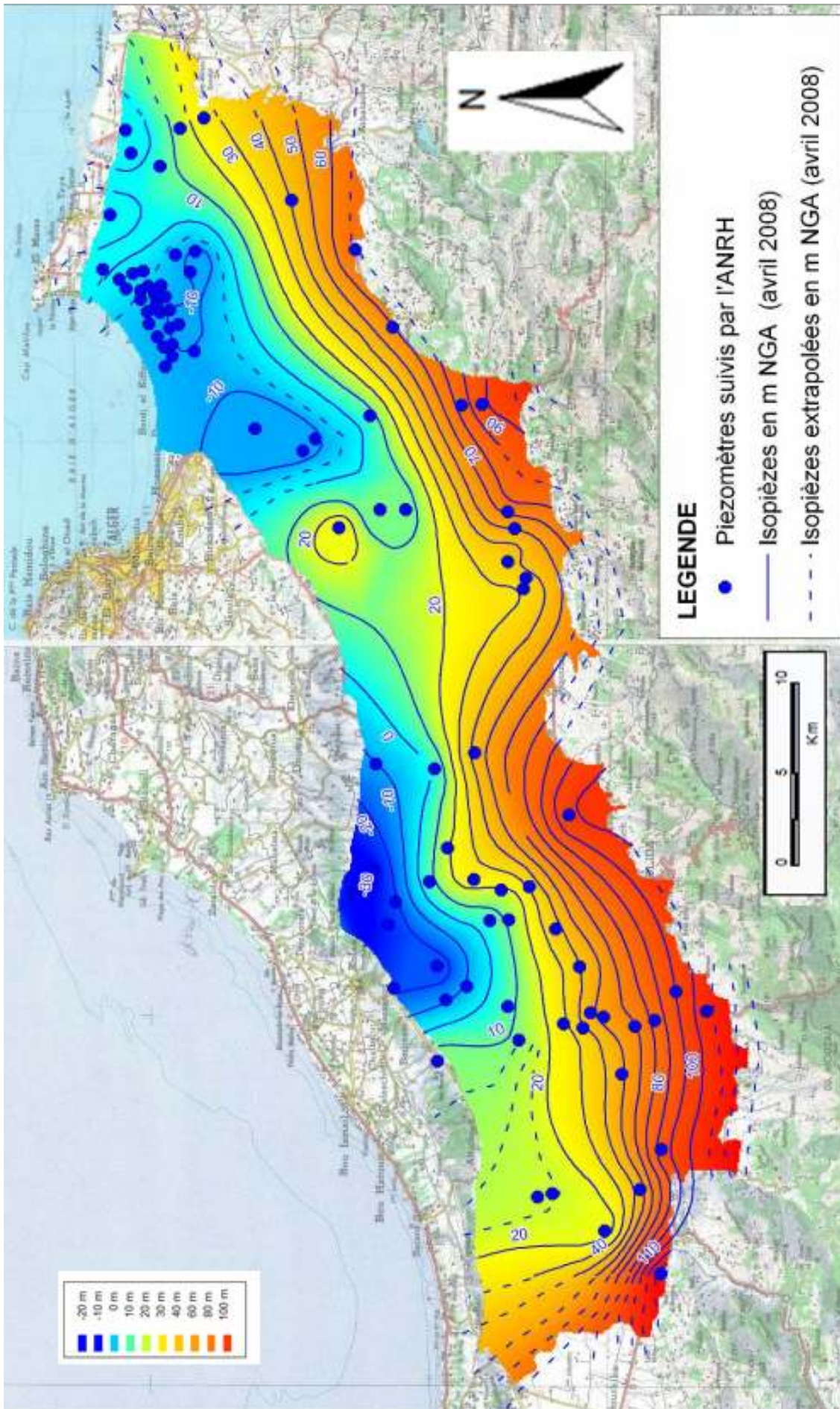


Fig. n°75 : Carte piézométrique de la Mitidja (ANRH, avril 2008)

Une note ou cote relative à la vulnérabilité a ensuite été affectée sur une échelle de 1 à 10 aux différentes classes de profondeur rencontrées, et ce en fonction de la notation typiquement utilisée dans la méthode DRASTIC pour ce paramètre (Tab.85).

Tableau n°85 : Classes et cotes attribuées pour le critère de profondeur de la nappe

Profondeur (m)	Cote	Profondeur (m)	Cote
<5	10	de 30 à 50	3
de 5 à 10	8	de 50 à 100	2
de 10 à 15	5	de 100 à 300	1
de 15 à 30	4		

Le critère de profondeur de la nappe a donc été cartographié, en attribuant ces cotes à différents polygones en fonction de la profondeur de nappe observée.

La carte du critère de vulnérabilité « profondeur de la nappe » est présentée en figure n°76.

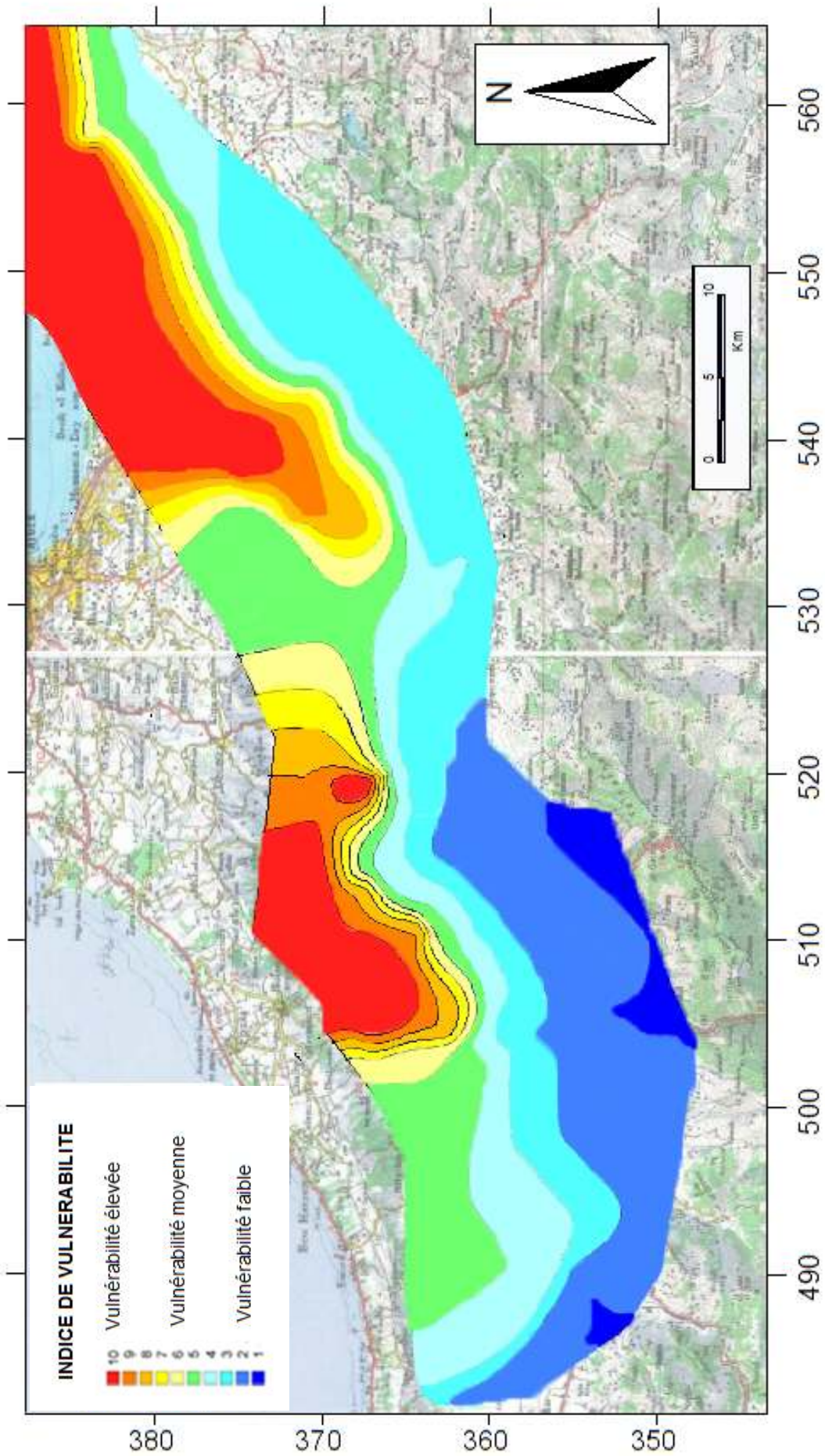


Fig. n°76 : Carte thématique du critère de vulnérabilité « Profondeur de la nappe »

II.9.2.2) Carte thématique de la recharge (R)

La pluviométrie moyenne interannuelle de la Mitidja pour l'année 2008 s'échelonne entre 550 mm/an et plus de 800 mm/an et augmente d'Ouest en Est. Plusieurs zones ont été individualisées en fonction de la répartition spatiale de la pluviométrie. (Tab.86) et (Fig.77).

Zone (a) : secteur de Reghaia où les hauteurs annuelles sont les plus importantes avec environ 850 mm/an ;

Zone (b) : secteur de l'Arbaa, zone intermédiaire avec une pluviométrie de l'ordre de 750 mm/an ;

Zone(c) : le reste des régions de la plaine où les hauteurs sont de l'ordre de 650 mm/an.

Tableau n°86 : localisation des stations pluviométriques et pluies moyennes interannuelles (2008)

Nom	Cote	X	Y	Altitude	Pluies moyennes interannuelles
Bouzereah OBS	020506	529850	388550	346	745,95
Bir mourad rais	020509	531100	382900	140	819,19
Hamiz Barrage	020602	558550	367400	130	776,84
Reghaia Pt (RN5)	020632	557850	382250	20	822,85
El Arbaa	021403	541150	362950	100	729,57
Khraicia	021406	525400	375300	140	675,10
Douera	021407	522250	374900	185	656,12
INRAA	021409	542750	379100	20	647,51
Menaceur	020303	458250	354450	250	765,96
lazabene	020304	462100	352100	525	593,85
Meurad Barrage	020306	473800	349900	315	702,31
Cherchell Phare	020312	454350	368000	16	614,47
Tipaza	020401	478700	365200	80	599,51
Sidi Rached	021021	485300	362350	60	602,84

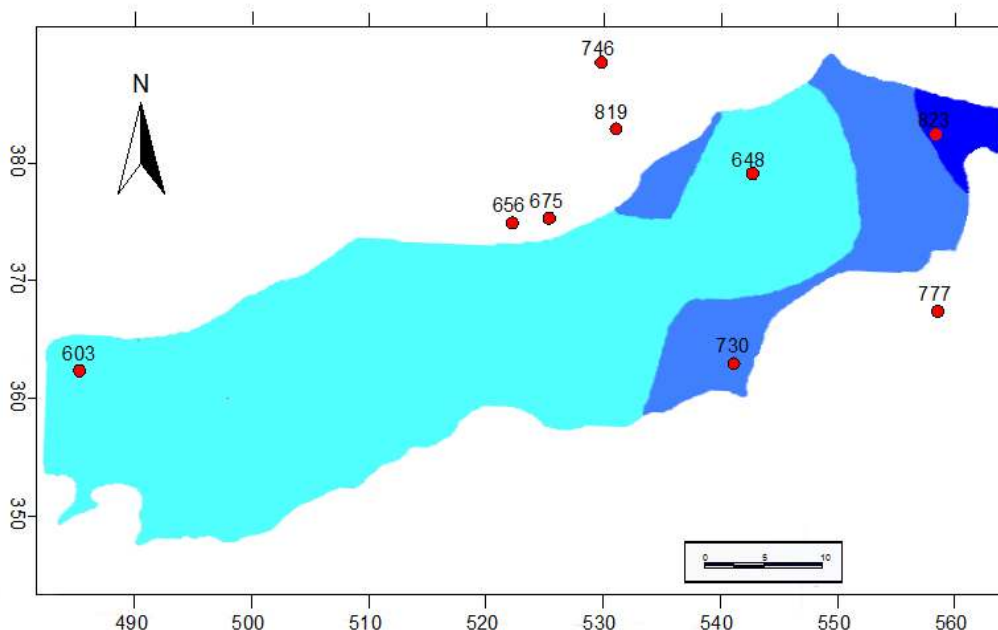


Fig n°77 : carte pluviométrique de la Mitidja (année 2008)

Pour obtenir la recharge pluviométrique sur la zone d'étude, plusieurs approches ont été étudiées dont la méthode du bilan hydrique de Thornthwaite, utilisant la Réserve Facilement Utilisable (RFU) et les coefficients culturaux, cette méthode correspond à des calculs de recharge qui conviennent plus pour les milieux tempérés.

D'après des études régionales dans des régions présentant des caractéristiques similaires [é4], la recharge peut être estimée comme étant une fraction de la pluviométrie. Des pourcentages compris entre 5 et 20% sont classiquement calculés. Ainsi, en appliquant cette dernière approche sur les données pluviométriques annuelles de l'année 2008, la figure n°78 est obtenue.

L'examen de cette figure montre que la pluviométrie efficace est décroissante du Nord-Est vers le Sud-Ouest de la Mitidja avec des valeurs qui oscillent entre 5 à 165 mm/an.

En fonction des valeurs de recharge considérées sur les différentes zones, une cote relative à la vulnérabilité a été attribuée afin d'aboutir à la cartographie de ce critère.

La notation utilisée, présentée dans le tableau ci-après, a été établie en fonction de la notation utilisée dans la méthode DRASTIC pour ce paramètre. (Tab.87) et (Fig.79).

Tableau n°87: Classes et cotes attribuées pour le critère de recharge

Recharge (mm/an)	Cote	Recharge (mm/an)	Cote
de 0 à 50	1	de 180 à 250	8
de 50 à 100	3	>250	9
de 100 à 180	6		

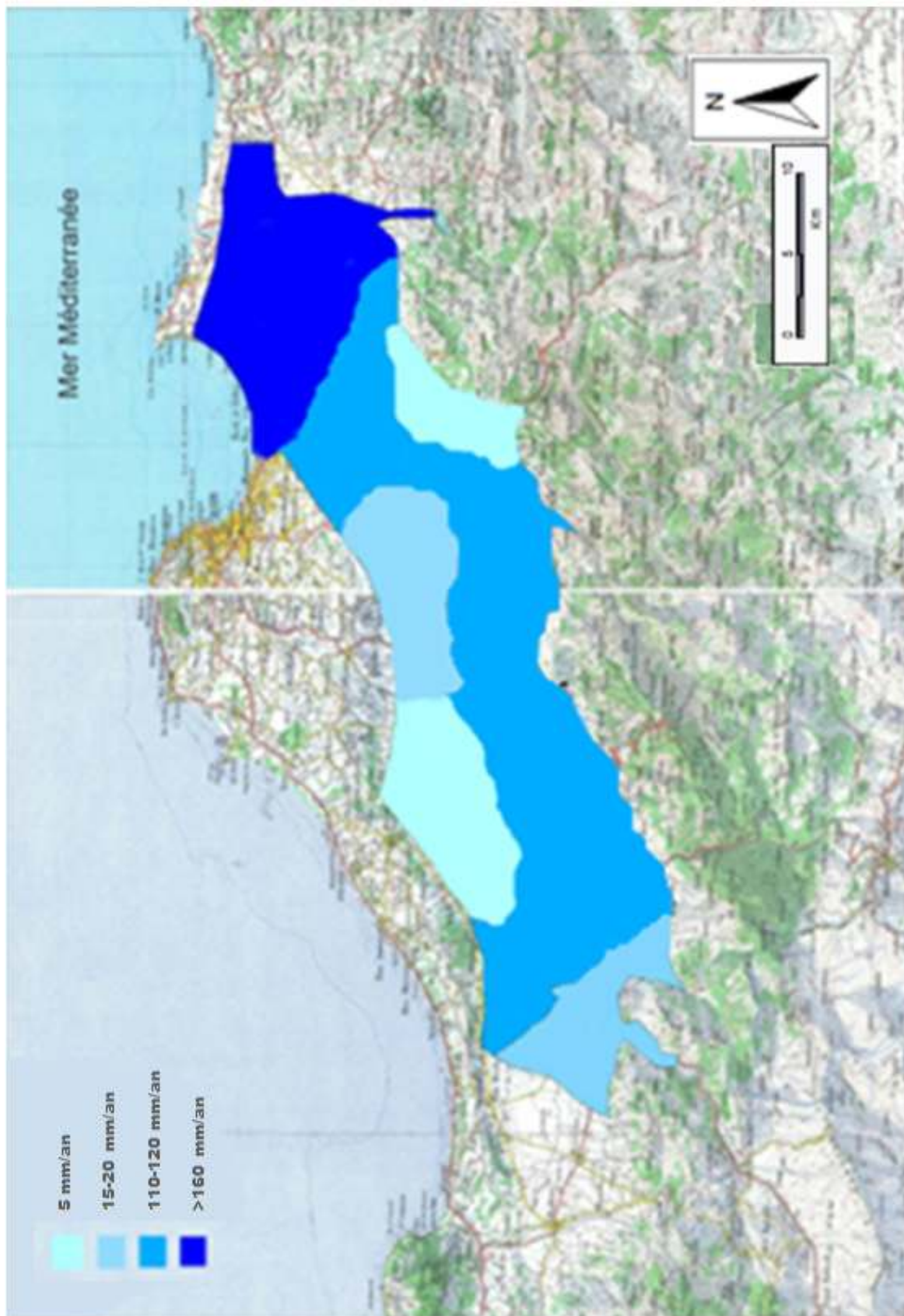


Fig.n°78 : carte des précipitations efficaces (ANRH,2008)

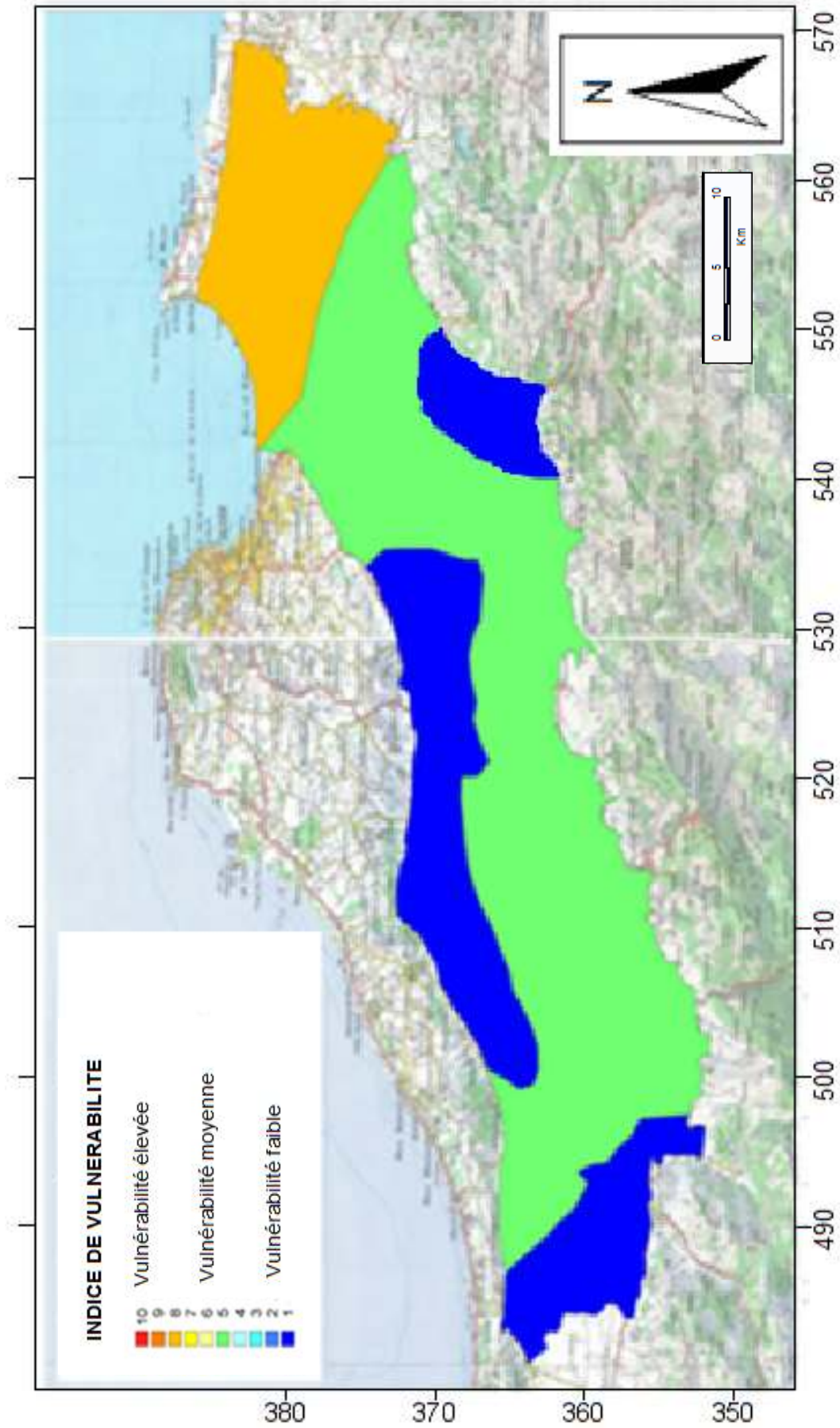


Fig. n°79 : carte relative au critère de vulnérabilité « Recharge »

II.9.2.3) Carte thématique de la nature de l'aquifère (A)

Pour rappel, la plaine de la Mitidja est constituée de 2 aquifères : la formation quaternaire représentant la principale ressource en eau souterraine et la formation de l'Astien qui est l'aquifère le plus profond.

La formation de la Mitidja est hétérogène, constituée de graviers et sables avec des intercalations de niveaux argileux. Les alluvions affleurent sur la majeure partie du bassin avec une épaisseur qui peut atteindre plus de 200 m [84] au centre de la plaine. Localement, les alluvions peuvent être recouvertes par les formations limono-argileuses du Mazafran qui mettent en charge l'aquifère des alluvions de la Mitidja.

La formation de l'Astien est constituée principalement de sables et de grès plus ou moins calcaires qui reposent sur le substratum marneux du Plaisancien. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 m.

L'Astien est séparé de l'aquifère des alluvions par la formation argileuse d'El Harrach, hormis au Nord-est de la plaine où les 2 formations perméables sont en contact direct (Fig.80).

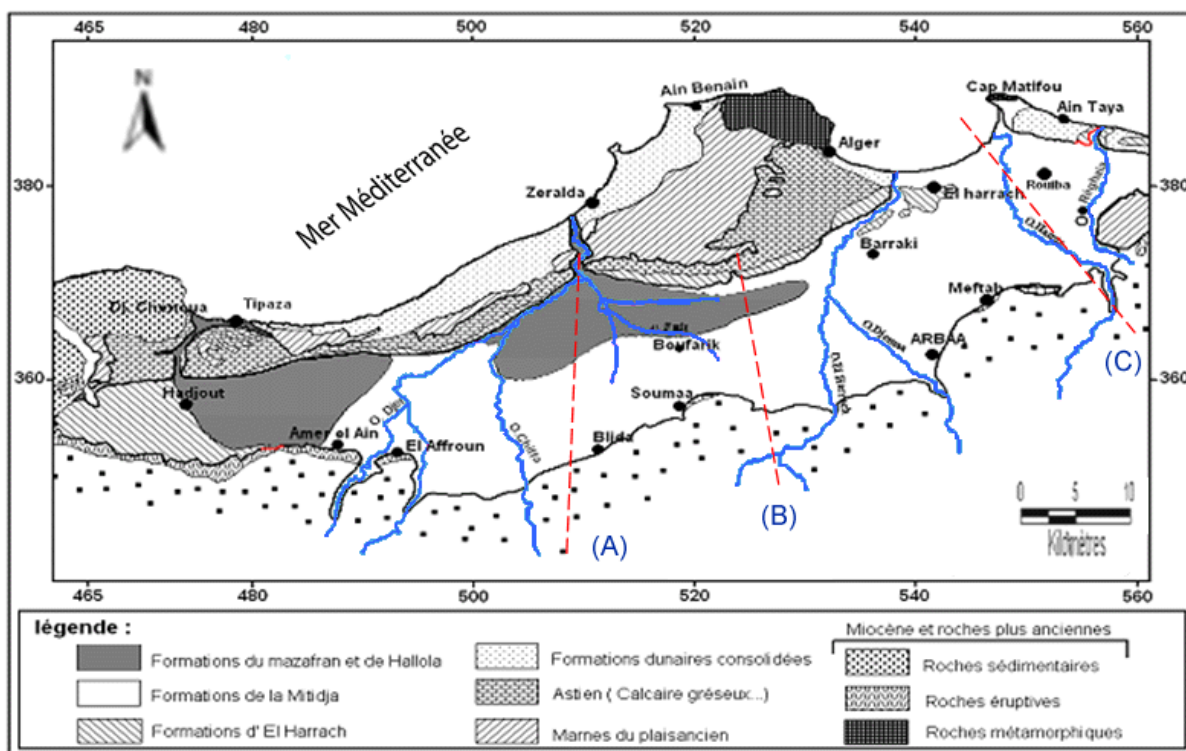


Fig. n°80 : Carte hydrogéologique de la plaine de la Mitidja

L'étude de 176 logs de forages (Annexe n°3) a permis de dresser (5) classes à degré de vulnérabilité variable, dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°88 : Classes et cotes attribuées pour la nature de l'aquifère

Nature	Cote	Cote type	Nature	Cote	Cote type
Schistes massifs	1-3	2	Calcaire massifs	4-9	6
Roches métamorphiques	2-5	3	Sable et gravier	6-9	8
Roches métamorphiques altérés	3-5	4	Basalte	2-10	9
Schistes en séquence	5-9	6	Calcaire karstique	9-10	10
Grés massifs	4-9	6			

Ainsi, en fonction des valeurs de la nature de l'aquifère sur les différentes zones, une cote relative à la vulnérabilité a été attribuée afin d'aboutir à la cartographie de ce critère (Fig.81).

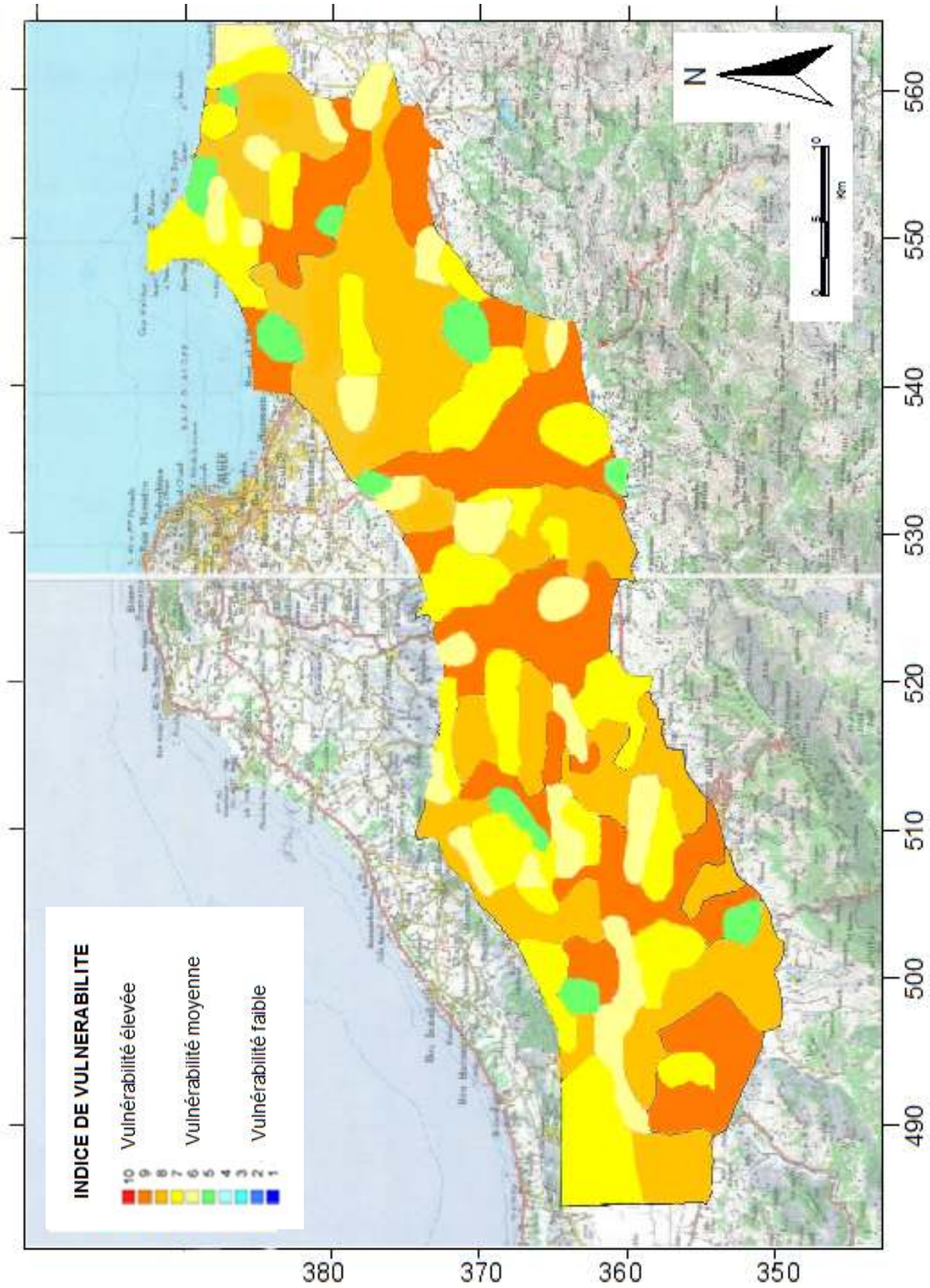


Fig. n°81 : carte relative au critère de vulnérabilité « nature de l'aquifère »

II.9.2.4) Carte thématique de la nature du sol (S)

Le sol influe sur la vulnérabilité des nappes quant aux pollutions venant de la surface. Il peut différer, atténuer, ou accélérer le processus de propagation du polluant vers l'aquifère. Il est tributaire de deux facteurs principaux :

- La perméabilité des sols, notamment la granulométrie, en effet : un sol fin est prédisposé à retenir le polluant en surface, tandis qu'un sol sableux plus perméable facilitera le transfert du polluant vers la nappe.
- La teneur en argiles des sols. En plus de leurs faibles perméabilités, les argiles ont une forte capacité d'adsorption. Ainsi, plus un sol est argileux et plus il aura tendance à garder un polluant.

La carte pédologique de la plaine de la Mitidja au 1/50 000 réalisée en 1973 et présentée ci-dessous, indique notamment la localisation des sondages pédologiques effectués sur la plaine et la texture des sols rencontrés en fonction de la profondeur. Dix classes de texture ont été identifiées, de sableux à très argileux (fig.82).

La notation utilisée, présentée dans le tableau ci-après, a été établie en fonction de la fourchette de valeurs obtenues et de la notation utilisée dans la méthode DRASTIC pour ce paramètre. (Tab.89)

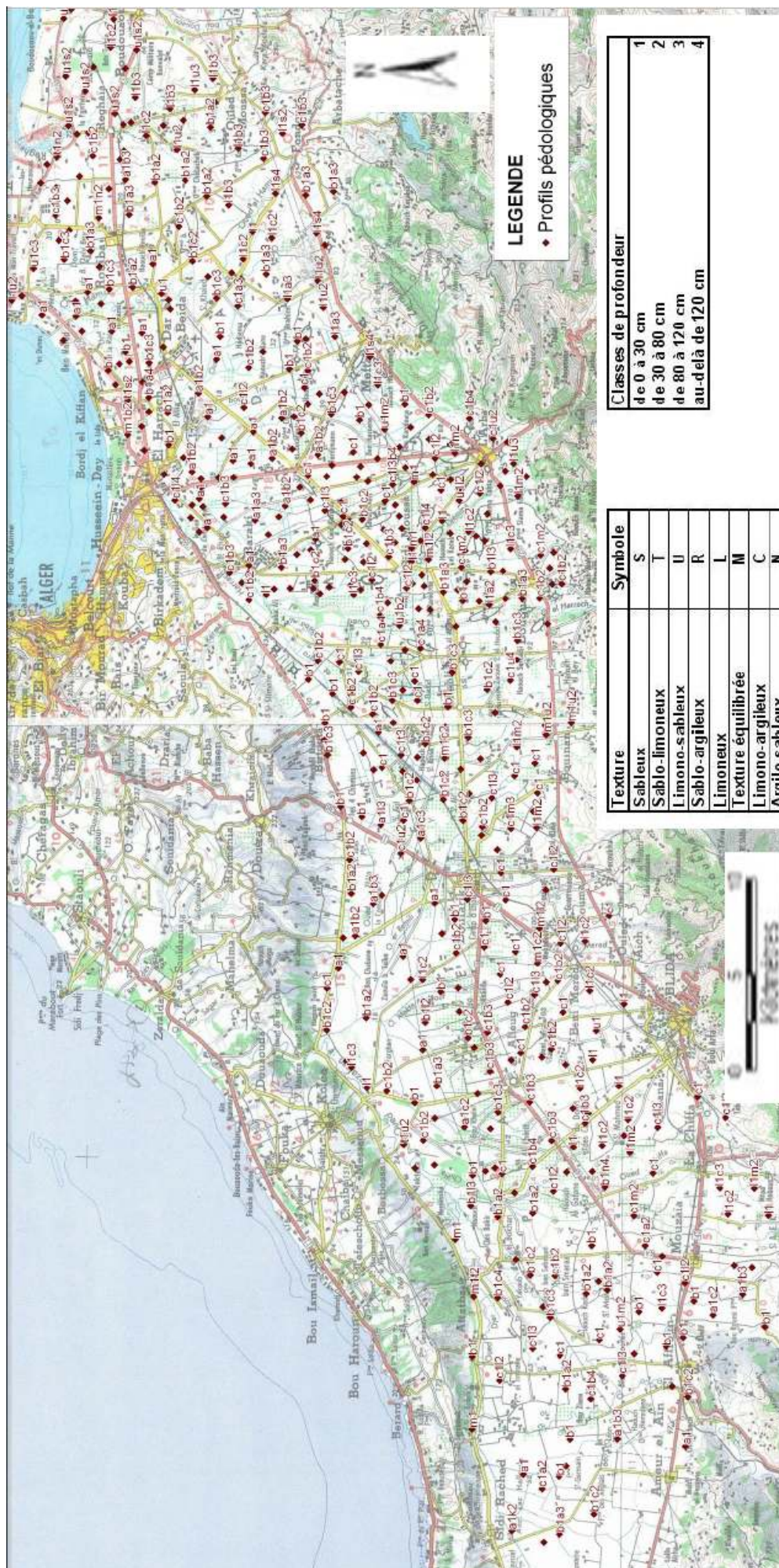


Fig. n°82: carte pédologique de la plaine de la Mitidja au 1/50 000

Tableau n° 89 : Classes et cotes attribuées pour le critère de nature du sol

Classe de sol	Cote	Classe de sol	Cote
Argileux, très argileux	1	Argile fissurée	7
Limon-argileux	3	Sable	9
Limon-silteux	4	Gravier	10
Limon	5	Peu épais ou absent	10
Limon-sableux	6		

A partir de cette notation, une cote moyenne a été calculée par profil en pondérant les cotes pour chacun des sols rencontrés par leur épaisseur (annexe n°4).

Un exemple du calcul a été effectué pour chaque profil est présenté ci-après.

Tableau n°90 : Exemple de calcul de cote de vulnérabilité par profil pédologique

Num.Profil	Epaisseur 1	Cote 1	Epaisseur 2	Cote 2	Epaisseur 3	Cote 3	Epaisseur 4	Cote 4	Cote moy. profil
b1a2	40 (0-40 cm)	3	40 (40-80 cm)	4	40 (80 à 120 cm)	2	40 (120 à 160 cm)	5	3,5

* : $Cote\ du\ profil = \{Cote\ 1 \times Epaisseur\ 1 + Cote\ 2 \times Epaisseur\ 2 + Cote\ 3 \times Epaisseur\ 3 + Cote\ 4 \times Epaisseur\ 4\} / (\sum Epaisseurs)$

En obtenant les différentes cotes pondérées pour chaque profil pédologique, nous avons réalisé la figure n°83.

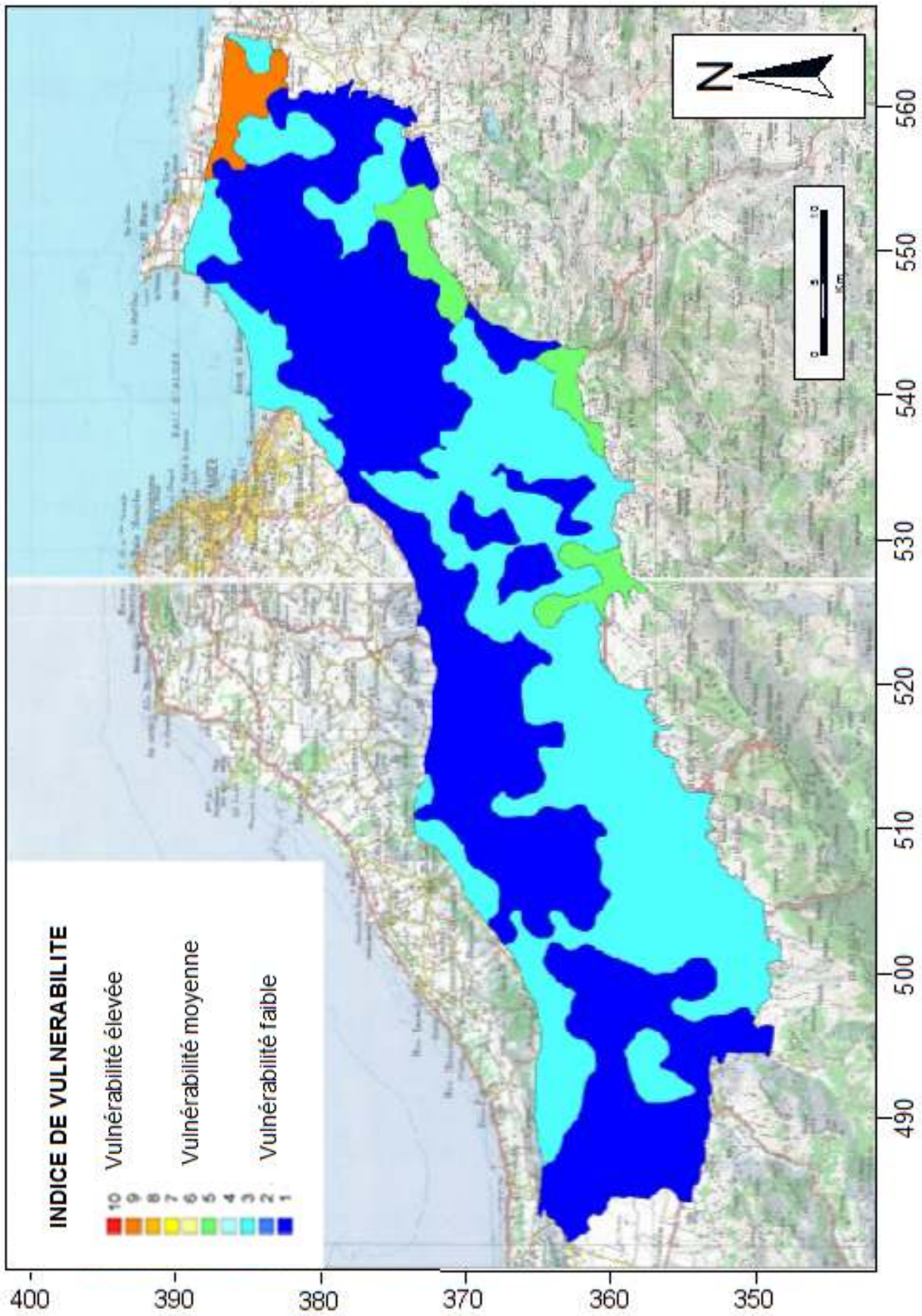


Fig. n°83 : Carte du critère de vulnérabilité « Nature du sol »

II.9.2.5) Carte thématique de la Topographie (T)

La topographie de la plaine de la Mitidja est un paramètre important pour l'établissement de la carte de vulnérabilité, puisqu'elle va permettre de calculer d'une part la pente du terrain naturel, et d'autre part, l'épaisseur de la zone non-saturée.

La pente du terrain naturel sur la plaine de la Mitidja est assez faible, on trouve un resserrement des courbes ou lignes de niveau au sud, la pente ainsi calculé est inférieure ou égale à 2% (Fig.84).

La plaine de la Mitidja peut donc globalement être considérée comme plate. Ce qui ne favorise pas le ruissellement des eaux en surface.

Une cote de 10 a été attribuée à la zone d'étude (Tab.91), déterminant une nappe très vulnérable pour le paramètre pente naturelle. (Fig.85).

L'évaluation du critère de topographie est basée sur la carte de pentes réalisée à partir de la carte topographique.

Tableau n°91 : Classes et cotes attribuées pour le critère de topographie.

Topographie (T)	
Intervalles (%)	Cote
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
>18	1

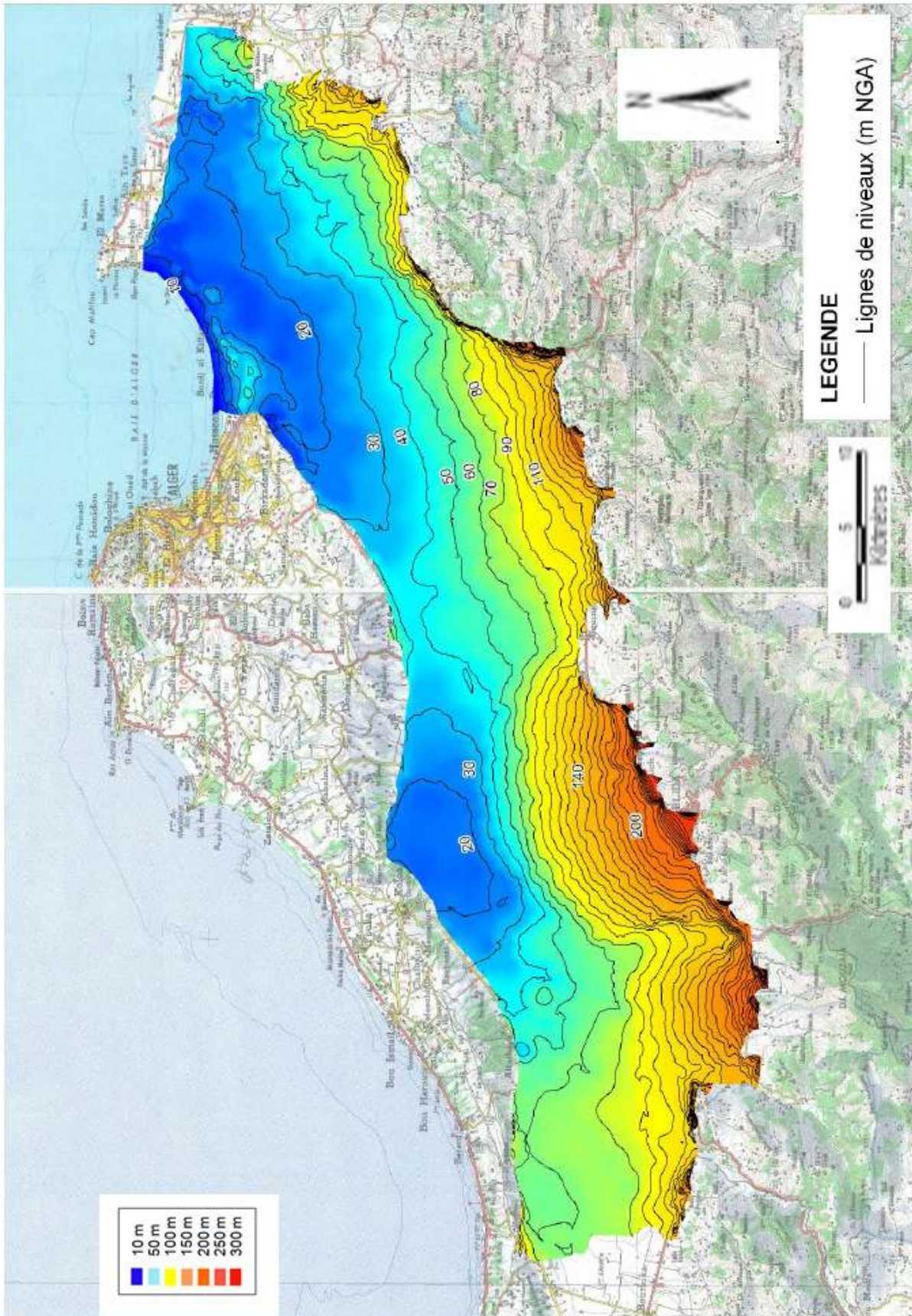


Fig. n°84: Carte topographique de la Mitidja (ANRH)

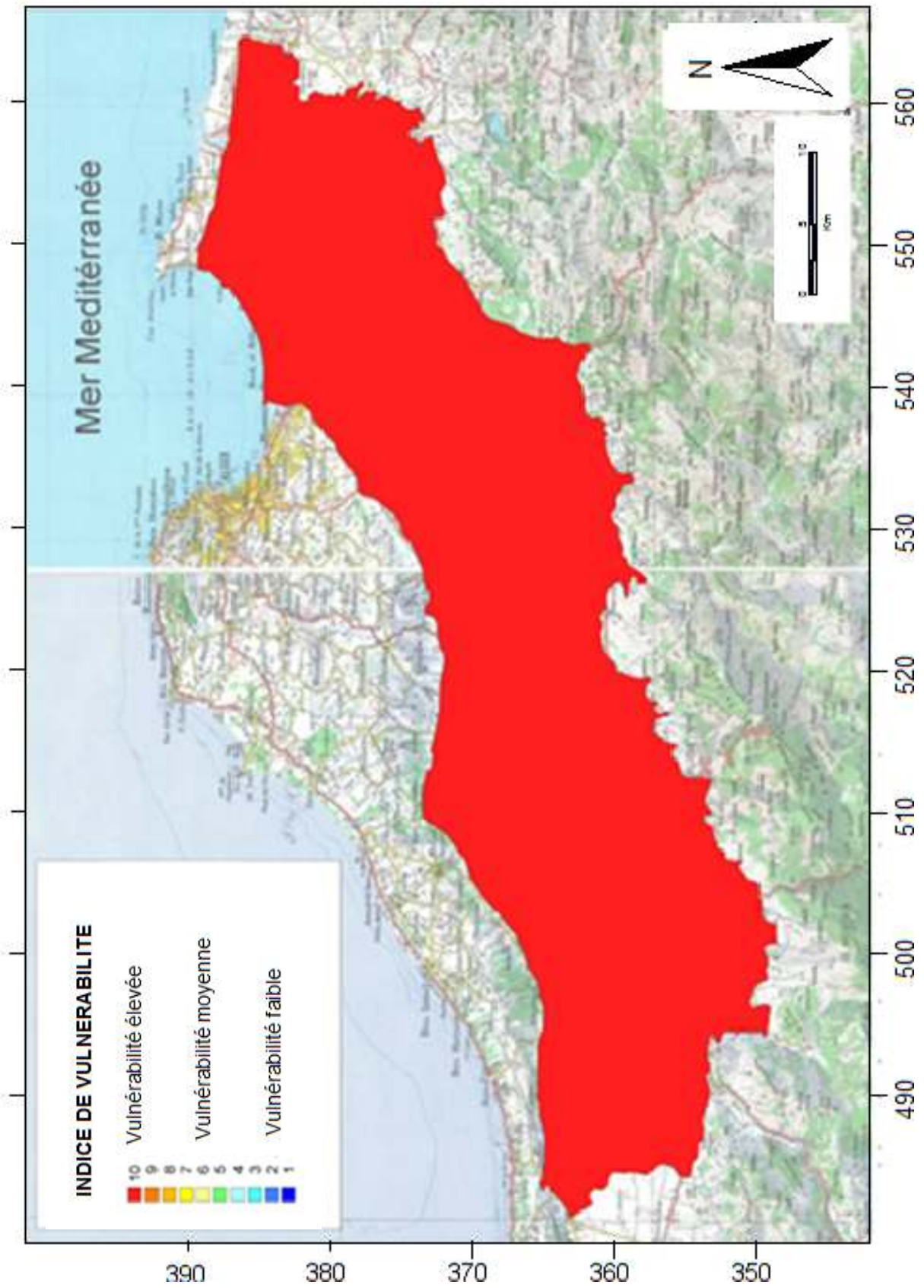


Fig. n°85 : Carte relative au critère de vulnérabilité « Pente du terrain naturel »

II.9.2.6) Carte thématique d'impact de la zone non saturée (I)

De la même façon que pour les sols, le transfert de polluants dans les terrains de la zone non-saturée est fonction de la nature et de la texture des terrains.

L'ensemble des logs de forage disponibles sur la plaine de la Mitidja a été collecté par l'ANRH dans le cadre de la campagne de 2008 (Fig.86).

L'analyse des logs des puits et forages doit permettre de caractériser les terrains de la zone non-saturée vis à-vis de la vulnérabilité à travers:

- La reconnaissance des terrains types, constituant la zone non-saturée sur la Mitidja et la définition des catégories en fonction de leur texture;
- La constitution d'une base de données sur les forages : coordonnées du forage, profondeur de la nappe (libre ou captive), constitution de la zone non-saturée (catégorie et épaisseur des terrains rencontrés);

En compilant toutes ces informations, la carte des perméabilités équivalentes pourra être établie, permettant de caractériser les flux à travers la zone non-saturée.

Une cote relative à la vulnérabilité a été affectée sur une échelle de 1 à 10 aux différents types de formations rencontrées.

Tableau n°92 : Classes et cotes attribuées pour le critère impact de la zone non Saturée

Classe de sol	Cote	Classe de sol	Cote
Argiles	1	Argile, gravier	6
Argiles, limons	2	Argile, sable et graviers	7
Limons	3	Sables	8
Argiles, sables	4	Graviers, sables	9
Limons, sables	5	Graviers, Galets	10

A partir de cette cotation, une cote moyenne a été calculée par forage en pondérant les cotes de chacune des formations rencontrées par leur épaisseur.

La représentation des logs de forage et de leur cote sous le logiciel Mapinfo, a permis de réaliser la carte du critère de vulnérabilité (caractéristiques de la zone non-saturée).(Fig.87).

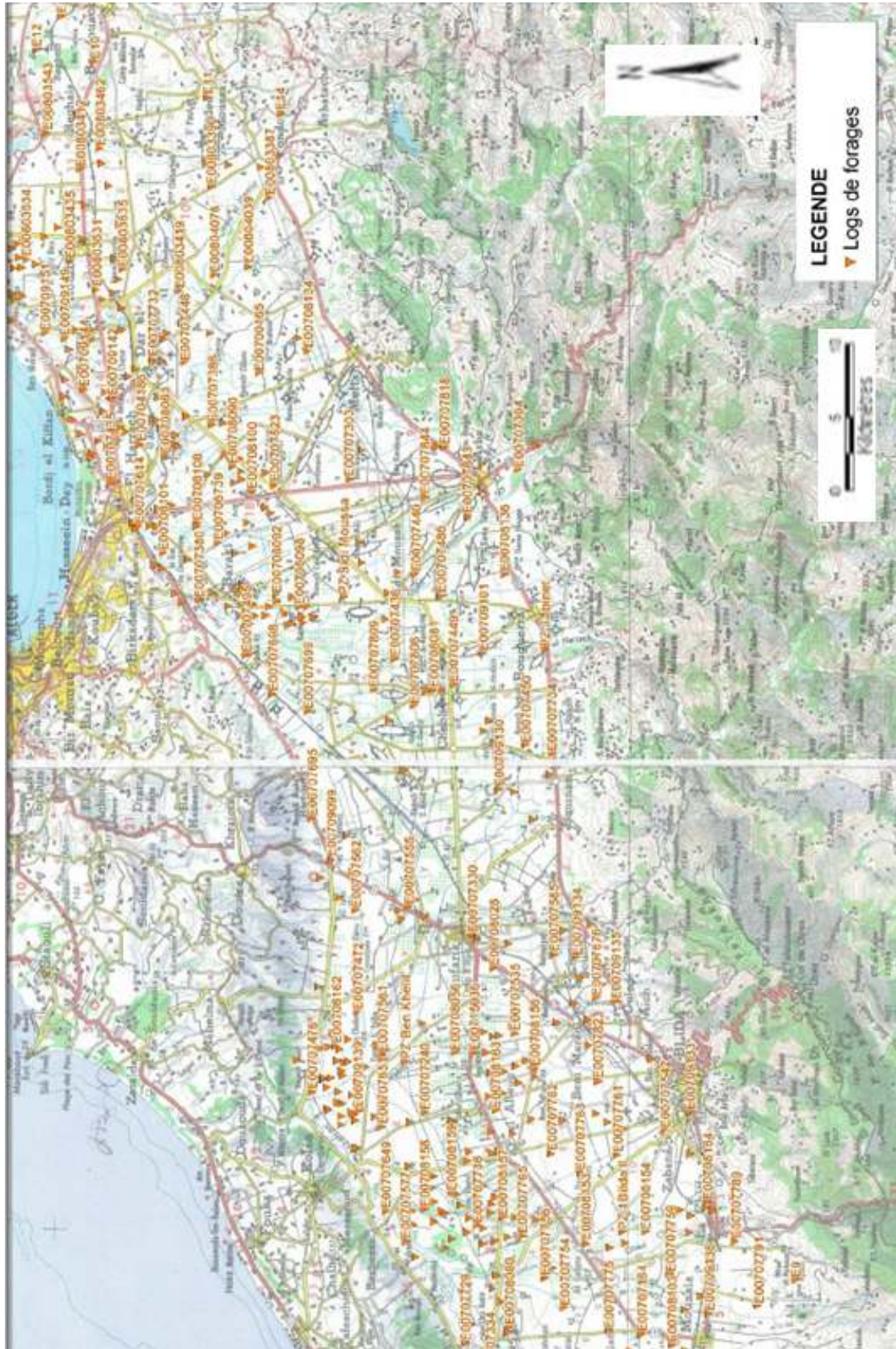


Fig. n°86 : Carte de localisation des forages correspondant à la zone non-saturée

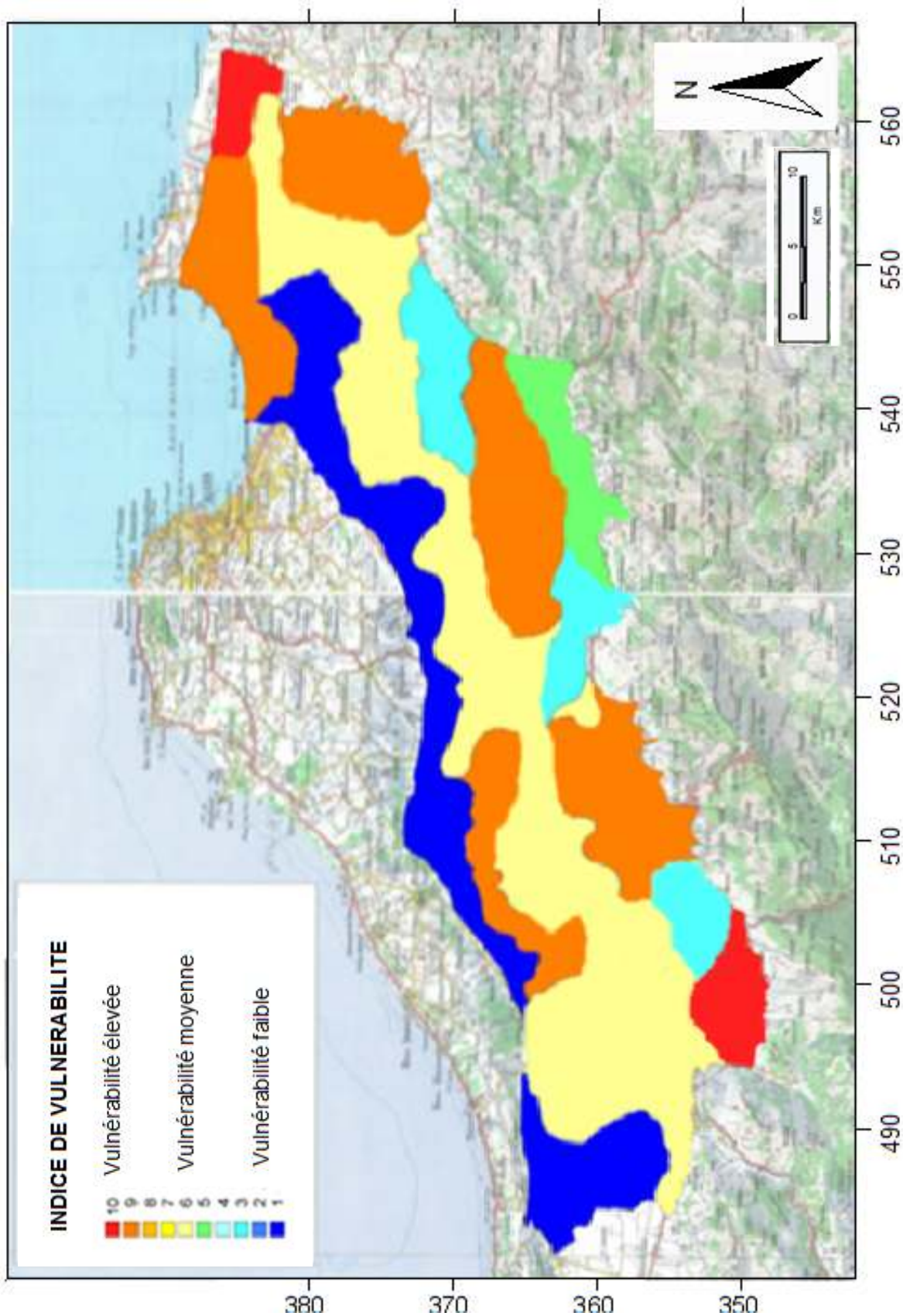


Fig. n°87 : Carte relative au critère de vulnérabilité « Caractéristiques de la zone non

II.9.2.7) Carte thématique de la perméabilité (conductivité hydraulique,C)

les valeurs de la perméabilité sont en moyenne de l'ordre de $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ dans le centre de la plaine et de la zone captive de l'aquifère (zone du bas Mazafran), partout ailleurs les valeurs de perméabilité oscillent entre 10^{-5} à 10^{-2} m/s (Fig.88).

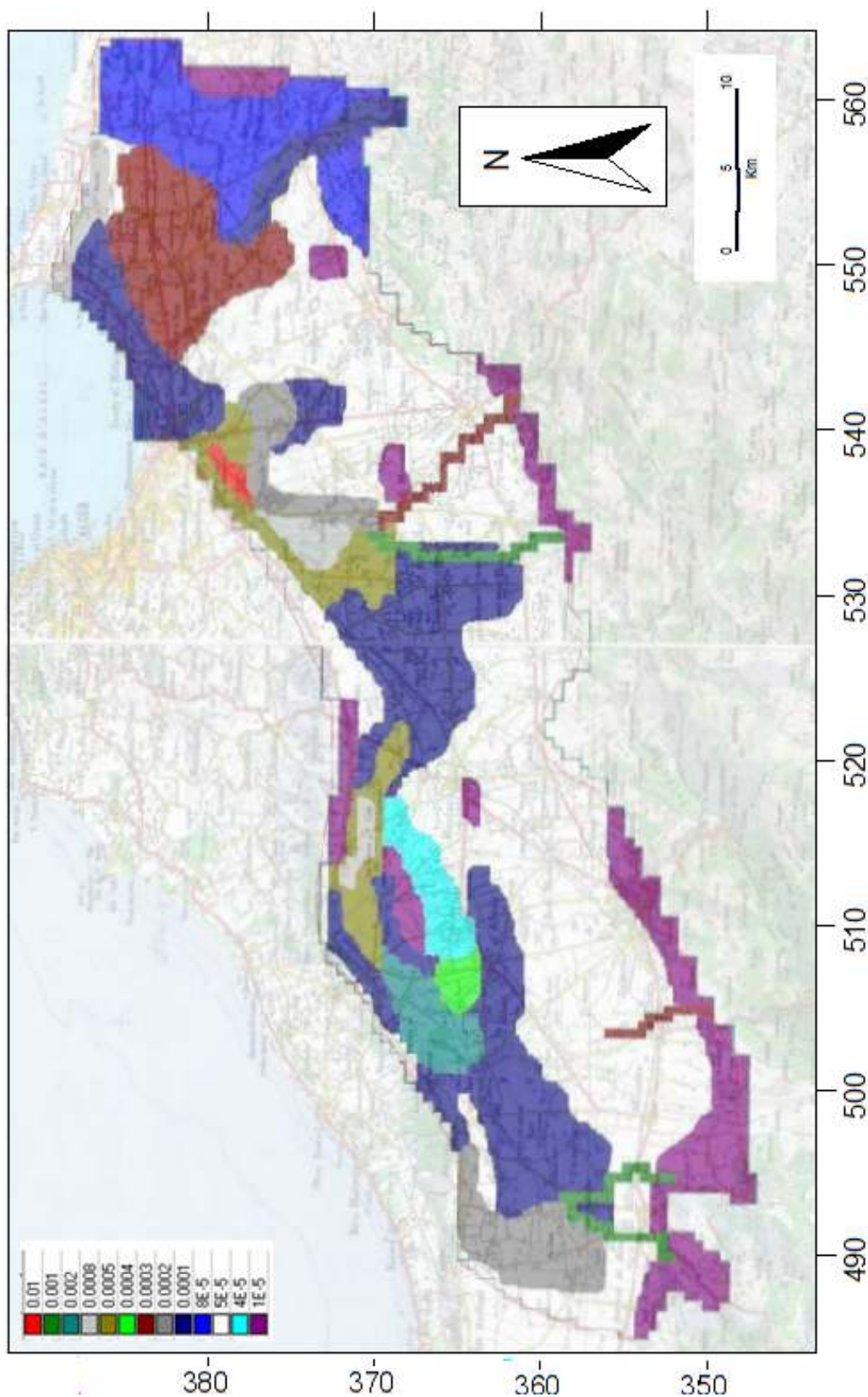


Fig. n°88: Perméabilités de la nappe des alluvions de la Mitidja [73]

Tableau n°93 : Classes et cotes attribuées pour le critère perméabilité

Classe de sol	Cote
$4,7.10^{-7}$ à $4,7.10^{-5}$	1
$4,7.10^{-5}$ à $14,7.10^{-5}$	2
$14,7.10^{-7}$ à $32,9.10^{-5}$	4
$32,9.10^{-7}$ à $4,7.10^{-4}$	6
$4,7.10^{-4}$ à $9,4.10^{-4}$	8
$> 9,4.10^{-4}$	10

De la même manière nous obtenons la carte de vulnérabilité pour le critère « perméabilité » (Fig.89).

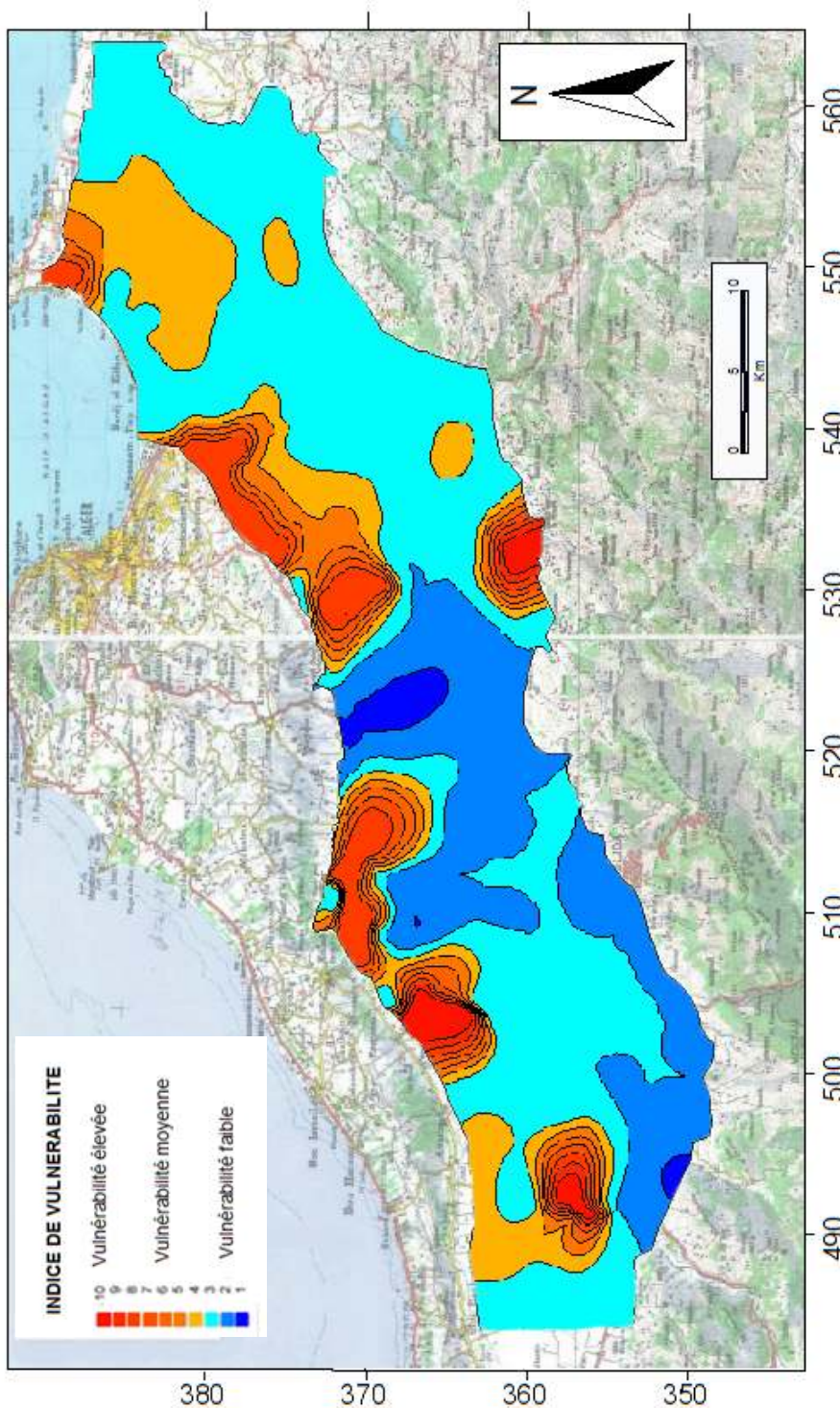


Fig. n°89 : Carte relative au critère de vulnérabilité « perméabilité »

II.9.3) Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux de la nappe alluviale de la Mitidja

II.9.3.1) Description des unités hydrogéologiques

Les différentes unités hydrogéologiques sont illustrées dans la carte de vulnérabilité finale (**Fig.90**) qui reflète le résultat des principaux travaux réalisés, à savoir :

- L'élaboration et l'interprétation d'une base de données de 176 Log de forages.
- La superposition des sept cartes thématiques réalisées avec leurs analyses (Annexe n°5).

La carte globale réalisée donne un intervalle d'indice de vulnérabilité allant de **23** à **226** réparti en cinq (**05**) classes de vulnérabilité :

a) L'unité hydrogéologique A (23-84)

Cette unité correspond à une zone de **vulnérabilité très faible**, cette unité symbolisée avec la couleur **bleu foncé**, caractérise environ **12%** de la plaine de la Mitidja.

Elle concerne les localités suivantes :

- Meftah et de sa partie nord;
- L'Arbâa et de sa partie nord;
- L'Est de Sidi Moussa;
- L'axe Est de Baraki–Sud de Birtouta jusqu'à les 4 chemins;
- L'axe Chiffa-Est de Mouzaia;
- L'extrême Est de la plaine.

la couverture de cette unité correspond aux formations à texture argileuse, limoneuse et sableuse, les valeurs de perméabilité en moyenne sont estimées entre 10^{-5} à 8.10^{-4} m/s.

b) L'unité hydrogéologique B (85-114)

Cette unité correspond à une zone de **vulnérabilité faible**, cette unité illustrée avec la couleur **bleu ciel** et caractérise environ **31%** de la plaine de la Mitidja, se situant :

- Au niveau de Dar El Beida;
- Sur l'axe Sidi Moussa-Ouest Bougara et au sud d'El Harrach;
- Sur l'axe Est El Harrach-Ouest Baraki-Est Koléa;
- Sur l'axe Chebli Oued El Alleug;
- Dans une zone à plusieurs localités tel que : Ameer El Ain, Affroun, Sidi Rached;
- Deux poches au niveau de Berbesa et au Sud-Est de Koléa.

Cette partie est caractérisée par une couverture essentiellement argileuse et une alternance de gravier, d'argile et de marnes, les valeurs de la perméabilité oscillent entre de 10^{-5} et 3.10^{-4} m/s.

c) L'unité hydrogéologique C (115-145)

Elle représente une zone à **vulnérabilité moyenne** avec un aquifère graveleux sableux et argileux et cette unité est matérialisée avec la couleur **jaune**, caractérise environ **33%** de la plaine de la Mitidja, nous la retrouvons un peu partout dans la zone d'étude:

- Axe Baraki-Ouled Moussa;
- Axe Baraki-Bougara;
- Axe Nord Chebli-Est Sidi Rached;
- Axe Sud Berbessa-Blida;
- Quelques poches.

La couverture de cette unité est caractérisée par des argiles, des sables grossiers et des sables fins avec des valeurs de perméabilité qui varient entre de 5.10^{-5} à de 10^{-3} m/s.

d) L'unité hydrogéologique D (146-175)

Cette unité présente une **vulnérabilité élevée**, se situe dans les localités suivantes :

- A Est Boudouaou-El Harrach;
- Une poche au sud de Berbessa;
- Une poche à l'Est de Sidi Moussa;
- Une poche au niveau des Eucalyptus.

En effet, cette unité (D) se caractérise par une couverture à dominante poreuse et perméable (graviers, galets, sables grossiers et peu d'argiles) ; elle repose sur des formations graveleuses. Les valeurs moyennes de perméabilité sont de l'ordre de 5.10^{-5} à 2.10^{-3} m/s. cette unité est symbolisée par la couleur **orange**, couvre environ **13%** de la plaine de la Mitidja.

e) L'unité hydrogéologique E (176-226)

Cette unité correspond à une zone de vulnérabilité très élevée, elle est symbolisée avec la couleur rouge et caractérise environ 11% de la plaine de la Mitidja. Elle présente une extension géographique limitée, elle se situe dans l'extrême Est de la Mitidja qui concerne les localités :

- Boudouaou, Rouïba et Réghaïa.

Cette unité (E) se caractérise aussi par une couverture à dominante poreuse et perméable (graviers, galets, sables grossiers et peu d'argiles) qui repose sur les formations graveleuses, les valeurs moyennes de perméabilité sont de l'ordre de 10^{-5} à 8.10^{-4} m/s

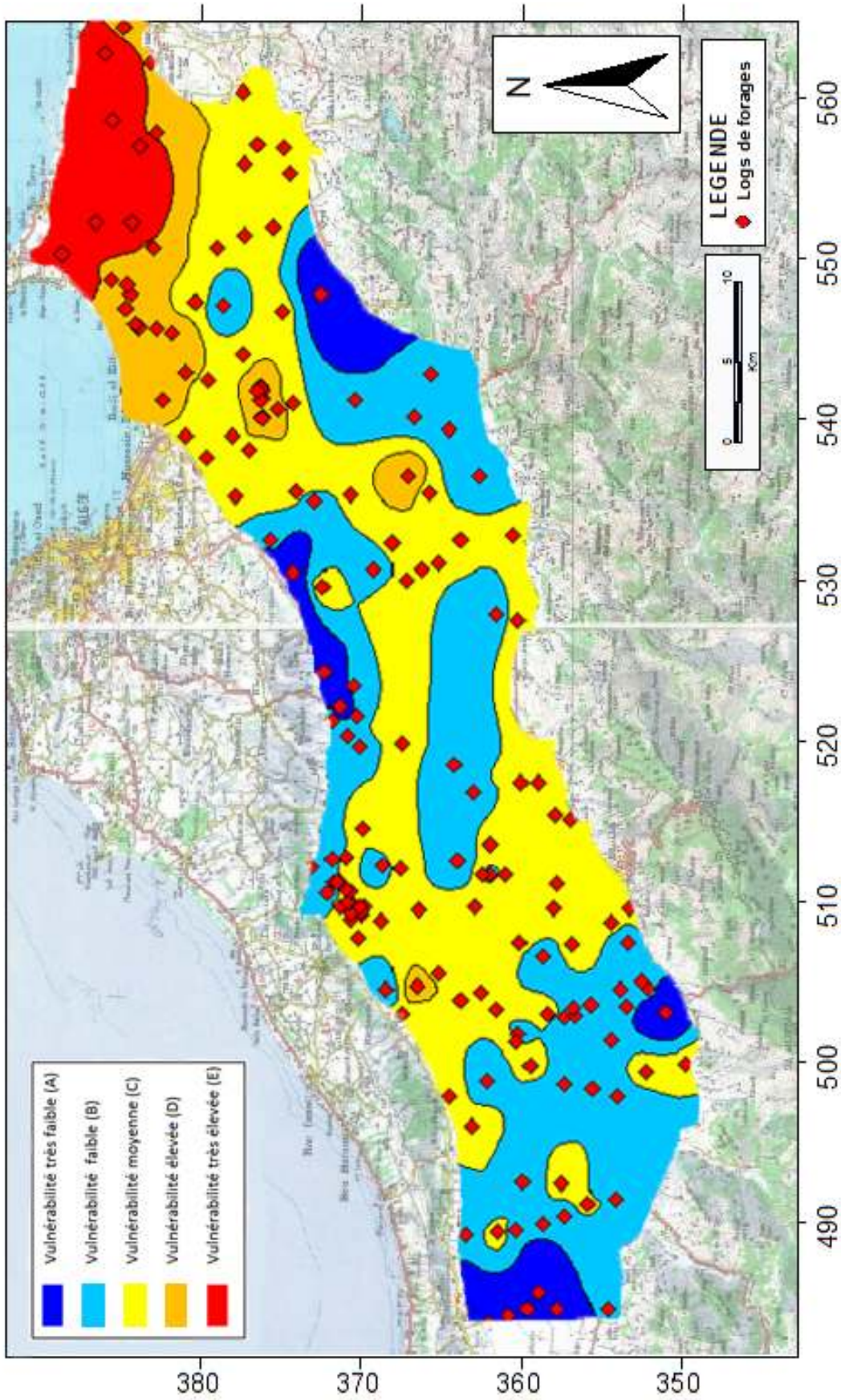


Fig.n°90 : Carte de vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de la Mitidja

II.9.4 Elaboration de la carte de risques de pollution (d'origine industrielle)

Cette carte correspond à l'intégration des zones industrielles dans la carte de vulnérabilité (fig n°91).

La carte permet de situer les zones les plus vulnérables menacées par une pollution industrielle accidentelle, l'examen de la carte de risques nous permet de dresser le constat suivant :

Dans la partie Est

- Au niveau d'Oued Semar, caractérisé par une vulnérabilité élevée, les rejets des unités industrielles dans le canal d'assèchement ont contribué à la pollution de la nappe par les métaux lourds (Fer, Manganèse, Cadmium) (Tableau n°66).
- Au niveau de Baraki, où la vulnérabilité est moyenne, Les industries sont à l'origine de la pollution de la nappe. De plus, depuis 1989, plusieurs cas de pollutions aux hydrocarbures ont été enregistrés. Ces pollutions sont dues à des casses ou à des corrosions des pipes, qui traversent la plaine de la Mitidja entre la raffinerie de Baraki et de la Chiffa [84].
- Le long de l'oued El Harrach où se situent plusieurs unités industrielles qui déversent leurs eaux résiduaires directement dans l'oued sans traitement préalable, Néanmoins cette zone présente une vulnérabilité qui oscille de faible à élevée.
- Au niveau de la zone industrielle (Rouïba- Réghaia) le risque de pollution est très élevé, en effet c'est la zone où la vulnérabilité est très élevée, menaçant les eaux souterraines par les rejets des unités industrielles.

Dans la partie Ouest

- D'importantes pollutions par les hydrocarbures ont déjà eu lieu, elles sont dues aux casses des conduites de 10 pouces à Ben Hamadi, Baba Ali. Ceci a nécessité des années de décontamination de la nappe par pompage, c'est une zone à vulnérabilité moyenne mais avec un risque potentiel de pollution [84].
- Partout ailleurs la vulnérabilité passe de très faible à moyenne, ceci n'exclut pas pour autant le risque de contaminations de la nappe, notamment les futures zones industrielles qui seront projetées à l'avenir.

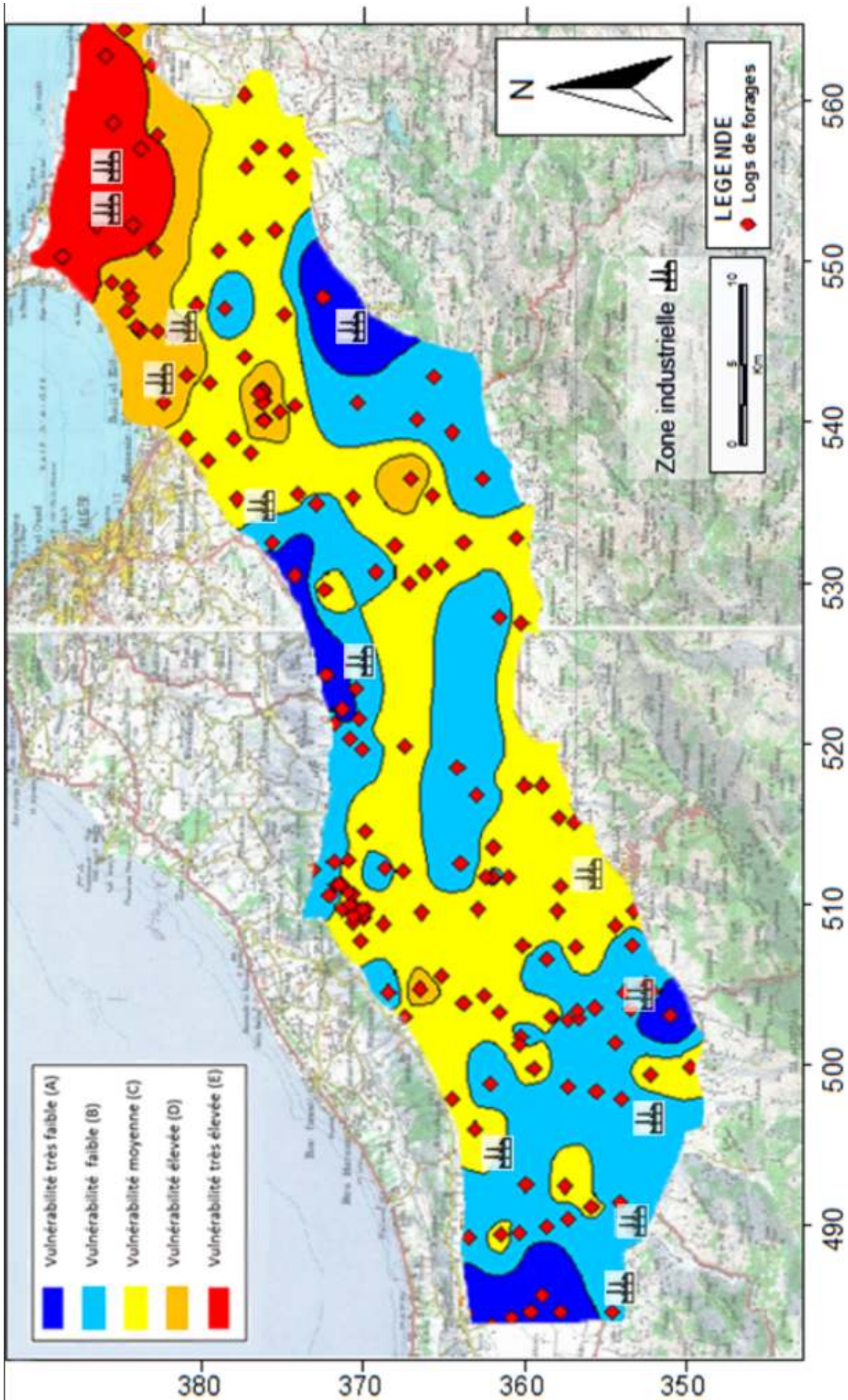


Fig.n°91 : Carte de vulnérabilité aux risques de pollution, d'origine industrielle, de la nappe alluviale de la Mitidja

II.10 Discussions et commentaires

La contamination diffuse ou ponctuelle des eaux souterraines par divers types de produits utilisés dans les activités anthropiques représente un problème sérieux de l'environnement et un risque de santé publique majeur. L'identification des zones à risque, telle que réalisée lors de la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines, constitue un instrument efficace au service d'une véritable politique de gestion des ressources en eau.

Le choix de la méthode de cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux de la nappe alluviale de la Mitidja a été porté sur la méthode DRASTIC, méthode la plus utilisée dans le monde, un procédé simple de diagnostic, définissant un indice représentatif de la vulnérabilité de la ressource.

La réalisation des cartes thématiques et de la carte de vulnérabilité finale a nécessité une collecte importante d'informations et la création d'une base de données globale, elle a permis d'identifier quatre (04) unités hydrogéologiques dont l'indice de vulnérabilité varie de 23 à 175 :

- L'unité **(A)** dont l'indice **ID (23-84)**, traduit une vulnérabilité très faible.
- L'unité **(B)** dont l'indice **ID (85-114)**, traduit une vulnérabilité faible.
- L'unité **(C)** dont l'indice **ID (115-145)**, caractérise une vulnérabilité moyenne.
- L'unité **(D)** dont l'indice **ID (146-175)**, définit une vulnérabilité élevée.
- L'unité **(E)** dont l'indice **ID (176 - 226)**, représente une vulnérabilité très élevée.

La définition et la cartographie des paramètres de base, aboutissent aux recommandations de la nécessité d'un inventaire des différentes sources de pollutions pour affiner la carte des risques de pollution; d'établir un réseau de mesure de surveillance et d'alerte, de délimiter des périmètres de protection de la ressource et enfin de généraliser les cartes de vulnérabilité aux différentes pollutions à savoir :

- Par l'intrusion marine.
- Par les nitrates constituant un problème majeur sur la Mitidja où les épandages d'engrais provoquent des concentrations supérieures à 50 mg/L (limite OMS) sur la plupart des points de suivi.
- Pollution anthropique, liée aux rejets d'eaux usées urbains ou domestiques dans les lits des oueds qui peuvent contaminées les nappes surtout dans les zones de fortes vulnérabilités.
- Pollutions accidentelles: exemple: fuite d'hydrocarbure liée à l'endommagement du pipeline entre raffinerie de Baraki et Chiffa.

Néanmoins, les cartes ont été réalisées avec certains objectifs et à une échelle donnée, elles restent tributaires notamment par la quantité et la qualité des données disponibles; limites à prendre en compte lors de leur utilisation.

Conclusion

Un système d'information géographique (SIG) est un outil informatique qui permet de collecter, de représenter et d'organiser des données alphanumériques géographiquement localisées (spatialement référencées), ainsi que de produire des cartes. La représentation la plus courante est en deux dimensions, mais une représentation en trois dimensions est possible de même qu'une animation pour des variations temporelles sur un territoire.

Les SIG tiennent une place centrale dans la géomatique puisqu'ils sont les outils informatiques permettant la représentation et l'analyse des données. De ce fait, la dimension géographique des données est trop souvent sous-exploitée alors qu'elle est un véritable avantage concurrentiel [100].

La cartographie de la vulnérabilité environnementale des nappes à la pollution se présente comme un outil efficace pour limiter et contrôler les risques de dégradation de la qualité de ces eaux, dans cette perspective les SIG apportent des informations localisées et objectives irremplaçables. Dans un premier temps, ils permettent de gérer une multitude d'informations de tous types, de les mettre à jour, d'optimiser leurs échanges et de générer de nouvelles couches d'informations par le biais de leurs croisements. En second lieu, ils assurent la restitution des cartes thématiques et les analyses qui en résultent. Ainsi, il s'agit d'un puissant outil d'aide à la décision surtout dans le domaine de la planification et de la gestion des ressources naturelles.

Dans le but d'évaluer la vulnérabilité environnementale à la pollution de la nappe alluviale de la Mitidja, on a eu recours à l'usage combiné des SIG et du modèle DRASTIC. Cette méthode se base sur la description et la représentation de la répartition spatiale des paramètres hydrogéologiques, climatiques et physiques du système aquifère. Ainsi la carte de vulnérabilité établie montre cinq classes : très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée. La carte de vulnérabilité et la carte de risque sont considérées aussi comme des outils d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire, elles permettent d'orienter les organismes intéressés pour assurer une gestion durable de la ressource en eau souterraine de la région de la Mitidja.

Conclusion générale et recommandations

Notre zone d'étude appartient à la Mitidja qui jouit d'un climat méditerranéen, caractérisé par une température moyenne annuelle de l'ordre de 18°C, avec des précipitations moyennes annuelles de 630 mm dont 87 % s'évaporent, 11 % ruissellent et 2 % s'infiltrent.

la concentration de la population dans plusieurs pôles urbains importants (El Harrach, Baraki) et l'implantation de nombreuses zones industrielles (Oued Semar, Rouiba, Réghaïa , Baba ali...etc) sont des facteurs qui incitent le risque de pollution des eaux superficielles et souterraines.

L'inventaire des rejets industriels, urbains et agricoles a permis d'identifier les sources de pollution et aussi de la quantifier à travers la caractérisation des principaux pollueurs, particulièrement, industriels.

La dégradation de la qualité des eaux de surface est enregistrée un peu partout, en effet, Les barrages de la zone d'étude n'ont pas été suivis régulièrement, à l'exception de celui de Keddara, qui souffre d'une pollution azotée et phosphorée du fait des rejets accidentels d'eaux usées domestiques notamment en 2002. Quant aux eaux du marais de Réghaïa leurs analyses dévoilent une eutrophisation assez avancée.

L'utilisation abusive des produits phytosanitaires et engrais ainsi que les rejets d'eau usées industrielles ont conduit à une pollution excessive des eaux des oueds de la zone d'étude notamment l'Oued El Harrach qui souffre d'une dégradation qualitative exceptionnelle au point d'être considéré, par les spécialistes, comme un égout à ciel ouvert.

Par ailleurs, différentes analyses de ces eaux superficielles montrent qu'elles sont dures à très dures, très souvent incrustantes. Cependant leur utilisation pour l'irrigation est sans danger d'alcalinisation pour les sols à l'exception des eaux de l'oued El Harrach et du marais de Réghaïa qui sont dangereuses pour toutes pratiques agricoles. Enfin l'étude confirme que les eaux de l'oued El Harrach et ses affluents souffrent d'une contamination particulière par le Chrome, le Plomb et le Mercure.

Les eaux souterraines, quant à elles, sont généralement mieux protégées que les eaux superficielles grâce au sol, ce dernier joue un rôle d'épurateur naturel. En général ce sont des eaux dures à très dures et incrustantes et peuvent être utilisées pour l'irrigation sans danger d'alcalinisation pour les sols. Elles présentent une qualité chimique acceptable, à l'exception de certains points d'eau touchés par une pollution ponctuelle. En effet, des contaminations par les hydrocarbures ont été enregistrées sur le tracé de plusieurs pipelines de même que de fortes pressions de pollution par les nitrates et l'intrusion marine sont signalées. Enfin aucune contamination microbiologique, n'a été décelée mis à part quelques puits privés qui ne sont pas protégés ni répertoriés par l'ANRH.

Les faciès chimiques prédominants sont, principalement, les faciès Bicarbonaté Calcique et Chloruré Calcique (indice d'intrusion marine).

La plaine de la Mitidja comporte deux aquifères : le plus ancien, datant de l'Astien, est formé par des calcaires et des grès d'origine continentale. Le plus récent est d'âge quaternaire. Il est alluvial et formé essentiellement par des galets et des graviers, seule la nappe alluviale est concernée par cette étude.

L'historique de la piézométrie de cette dernière montre que depuis la fin des années 1970 les débits sortant de l'aquifère sont supérieurs aux apports, ce qui a engendré une baisse progressive des niveaux piézométriques. Cette situation est due à une surexploitation des eaux souterraines, aggravée par des périodes successives de sécheresse.

Les cartes piézométriques de l'évolution du biseau salé (1991-2010), dans la partie orientale de la Mitidja, font découler nettement l'inversion totale du sens d'écoulement des eaux souterraines de la mer vers le continent menaçant, ainsi, les champs de captages de Boureah, Rouiba et Hamiz, où d'après l'ANRH, en 2010, les niveaux piézométriques avaient atteint une baisse allant de 0,6 à 20 m.

Ces résultats se confirment dans le traitement statistique multidimensionnel par l'application de l'analyse en composantes principales (A.C.P). En effet, le graphique des variables a permis d'identifier les éléments chimiques, celui des individus a mis en évidence quelques regroupements qui sont au nombre de trois (3), ces résultats de l'A.C.P confirment ceux donnés par les méthodes classiques.

Le développement industriel a fait appel aux procédés technologiques nouveaux mais qui ne prennent en considération que les impératifs de production en dépit de la protection de l'environnement en général, et de la qualité de la ressource en eau en particulier. L'analyse des rejets industriels situés dans la Mitidja, a permis de pointer des doigts les principaux pollueurs de la zone d'étude, disposés anarchiquement, qui non seulement ne respectent pas la réglementation en vigueur, mais dégradent l'environnement. En effet ces effluents industriels dépassent les capacités épuratoires des oueds, vu le rejet brut des pollutions.

L'élaboration du SIG de la zone d'étude a permis d'établir des cartes thématiques, pour la préservation de l'eau et l'environnement, constituant un volet important en matière de suivi et d'actualisation des données par zone géographique ou administrative. Grâce à ses données spécifiques, ainsi que son interface conviviale, le SIG sous Arc gis permet une gestion et une manipulation plus facile des diverses données.

Par ailleurs, l'utilisation du SIG dans cette étude nous a permis de relever plusieurs points essentiels, à savoir :

- l'intégration d'un ensemble de techniques propres à des domaines aussi divers que variés tel que : l'hydroclimatologie la géologie, l'hydrogéologie, etc, Chacune de ces sciences apporte des éléments particuliers pour la compréhension des phénomènes étudiés.
- Les données sont manipulées et traitées à travers une plate-forme multi-logicielle (SQL, Arc Gis, Surfer, Vertical Mapper et map info), ces informations sont rassemblées dans une base de données relationnelle développée sous SQL. L'utilisation conjointe de ces logiciels fut un succès et a permis une grande convivialité tant au niveau de la conception, qu'à celui de l'utilisation de l'application.
- Le gain en temps et en efficacité est certain. En effet, les informations maintenant regroupées, leur accès est simplifié avec surtout la possibilité d'effectuer des tris, sélections, analyse thématique, représentation cartographique ainsi que différentes requêtes.
- Ce travail a montré l'apport capital fourni par le SIG pour la prise de décision, facilitant, ainsi, aux gestionnaires de l'eau l'accès à une information pertinente. Il a permis aussi de partager de façon claire et transparente des informations sur la gestion de l'eau dans la Mitidja et sensibiliser à la pollution des eaux souterraines.

La protection et la préservation des ressources en eau souterraines sont une nécessité de premier ordre particulièrement dans les zones arides où elle constitue la principale source hydrique. Ainsi, la cartographie de la vulnérabilité environnementale des nappes à la pollution se présente comme un outil efficace pour limiter et contrôler les risques de dégradation de la qualité de ces eaux.

La carte de vulnérabilité et la carte de risque sont considérées comme des outils d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire, elles permettent d'orienter les organismes intéressés pour assurer une gestion durable de la ressource en eau souterraine et la délimitation des périmètres de protection des captages d'eau potable et des zones favorables aux rejets.

C'est dans cette perspective que nous avons réalisé la carte de vulnérabilité et celle du risque de pollution des eaux de la nappe de la Mitidja, suivant la méthode DRASTIC. Cette méthode a nécessité une collecte importante d'informations et la réalisation d'une base de données globale.

Elle a permis d'identifier quatre (04) unités hydrogéologiques dont l'indice de vulnérabilité varie de 23 à 175, à savoir :

- L'unité (A), dont l'indice ID (145-175), traduit une vulnérabilité élevée
- L'unité (B), dont l'indice ID (114-145), caractérise une vulnérabilité moyenne.
- L'unité (C), dont l'indice ID (84-114), définit une vulnérabilité faible.
- L'unité (D), dont l'indice ID (23 – 84), représente une vulnérabilité très faible.

La généralisation de l'utilisation de cette approche permettra de lutter contre les différentes pollutions à savoir :

- l'intrusion marine particulièrement au niveau de la partie orientale de la Mitidja.
- La pollution par les nitrates constituant un problème majeur pour la nappe étudiée où les épandages d'engrais provoquent des concentrations supérieures à 50 mg/L (limite OMS) sur la plupart des points de suivi.
- La pollution anthropique, liée aux rejets d'eaux usées urbaines ou domestiques dans les lits des oueds pouvant contaminer les nappes surtout dans les zones de fortes vulnérabilités.
- Les pollutions accidentelles dues, entre autres, aux fuites d'hydrocarbure liées à certaines parties endommagées du pipeline entre la raffinerie de Baraki et la Chiffa.

Compte tenu de ce qui précède la situation est certes préoccupante, mais il ne faut pas se contenter du constat. Les enjeux et défis sont stratégiques et nécessitent ainsi une politique rigoureuses avec des programmes tangibles fixant la priorité de la protection de l'environnement et la préservation de la qualité des eaux.

Nous recommandons dans cette perspective ce qui suit :

- Une campagne de recensement des industries, concernant notamment l'approvisionnement en eau et les rejets d'eaux usées;
- Obliger les industriels de se doter de systèmes internes d'épuration de leurs rejets;
- L'implantation de nouvelles unités industrielles devra, impérativement, être précédée d'une étude d'impact sur l'environnement;
- Le suivi des agriculteurs et leur sensibilisation lors de l'épandage des pesticides et des fertilisants en leur inculquant le respect des normes d'utilisation de ces produits.
- Le développement de l'agriculture biologique, ce processus apaise l'utilisation des engrais ammonitrates qui sont l'origine de la pollution par les nitrates.

En outre pour remédier à la problématique de l'avancée du biseau salé (intrusion marine), nous préconisons :

- L'intensification du réseau de piézomètres de surveillance existant de l'ANRH, à plus de 5 km à l'intérieur du continent, et ce pour un suivi rigoureux de l'évolution du phénomène;
- de s'équiper, uniquement, de forages automatisés au lieu de faire le suivi de qualité sur certains puits privés, et ce, dans le but d'un suivi rigoureux de la qualité des eaux.
- d'assurer le suivi régulier avec des campagnes piézométriques et hydrochimiques;

- de recharger la nappe alluviale en utilisant les eaux usées épurées de la station de Baraki mais avec, au préalable, un traitement tertiaire assez poussé ;
- de vulgariser les SIG permettant :
 - de moderniser la gestion des ressources en eau par l'accès aux nouvelles technologies d'informations,
 - d'améliorer le service aux usagers en réduisant les délais d'étude,
 - d'être un outil d'aide à la décision.

ANNEXES

I. DECOUPAGE ADMINISTRATIF

1. Table WILAYA

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code wilaya	cod_wilaya	AN	2	
Nom wilaya	nom_wilaya	A	20	
Population de la wilaya (dernier recensement)	popul_total_wilaya	N	7	
Superficie de la wilaya (km ²)	superficie_wilaya	R	8	
Taux d'accroissement de la wilaya (%)	taux_accroiss_wilaya	R	3	

2. Table COMMUNE

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la Commune	cod_com	AN	4	
Code wilaya	Cod_wilaya	AN	2	
Code de la région hydrographique	cod_region_hydro	A	3	
Code du bassin versant	cod_bv	AN	3	
Nom de la commune	nom_com	A	40	
Superficie de la commune (km ²)	superficie_com	R	6	

3. Table COMMUNE_POPUL

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la Commune	cod_com	N	4	
Année	Annee	D		
Population (hab)	popul_total_com	N	8	
Taux d'accroissement de la commune (%)	taux_accroiss_com	R	3	
Superficie agricole utile	Superf_agricol_com	R	8	

4. Table AGGLOMERATION

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de l'agglomération	cod_agglo	AN	7	
Code commune	cod_com	AN	4	
Nom de l'agglomération	nom_agglo	A	40	
Type	Type_agglo	A	50	Voir plus bas
Catégorie	categorie_agglo	A	50	Voir plus bas
Touristique	touristique	A	3	Oui/non

Type de l'agglomération	Type_agglo	Hameau chef lieu Agglomération secondaire Agglomération chef lieu Zone éparsé
Catégorie de l'agglomération	Categorie_agglo	Urbaine supérieur Urbaine Sub urbaine Semi urbaine Semi rural Eparsé Rurale

5. Table AGGLO_POPUL

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de l'agglomération	cod_agglo	AN	7	
Année de recensement	Annee	AN	8	
Population	Popul_agglo	N	8	

6. Table Centre_consommation

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du centre de consommation	cod_cdc	AN	4	
Code bassin versant	cod_bv	AN	3	
Code wilaya	Cod_wilaya	AN	2	
Nom du CDC	nom_com	A	40	

Un centre de consommation est un ensemble de commune :Exemple : Alger ou Blida

7. Table Centre_conso_agglo

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du centre de consommation	cod_cdc	AN	4	
Code de l'agglomération	cod_agglo	AN	7	

Code Wilaya – Commune – Agglomération :

(Codification ONS)

Wilaya 02 positions

Commune 04 positions

Agglomération 07 positions

Code CDC : 04 positions : Code wilaya (02 positions) + 02 positions N° séquentiel par wilaya.

II. CADRE NATUREL

8. Table REGION_HYDRO

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code de la région hydrographique	cod_region	A	3	
Nom de la région hydrographique	nom_region	A	40	
Superficie de la région hydrographique (Km ²)	superficie_region	R	10	
Potentialité en eau superficielle de la région hydrographique (Hm ³ /an)	poten_superf_region	R	8	
Potentialité en eau souterraine de la région hydrographique (Hm ³ /an)	poten_sout_region	R	8	

9. Table BV

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code Bassin Versant	cod_bv	AN	3	
Nom Bassin Versant	nom_bv	A	30	
Code de la région hydrographique	cod_region	A	3	
Superficie (Km ²)	superficie_bv	R	8	
Densité de drainage (km ²)	densite_bv	R	6	
Précipitation moyenne (mm)	precipit_moy_bv	R	6	
Oued principal	Nom_oued	A	50	
Période d'observation des précipitations	periode_obs_bv	AN	50	
Date début – Date fin	dat_obs_bv	D		
Débit spécifique (l/s/ Km ²)	debit_bv	R	8	
Potentialité en eau superficielle (Hm ³ /an)	poten_super_bv	R	8	
Evapotranspiration (mm/an)	evapo_bv	R	8	
Périmètre (Km)	perimetre_bv	R	8	
Longueur du thalweg principal (Km)	long_thalweg_bv	R	8	
Longueur du rectangle équivalent (Km)	Long_rect_bv	R	8	
Largeur du rectangle équivalent (Km)	Larg_ret_bv	R	8	
Altitude maximale (m)	alt_max_bv	R	8	
Altitude moyenne (m)	alt_moy_bv	R	8	
Altitude minimale (m)	alt_min_bv	R	8	
Indice de compacité	indice_bv	R	8	
Coefficient de torrentialité	coef_bv	R	8	

10. Table SBV

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code sous bassin versant	cod_sbv	AN	4	
Nom sous bassin versant	nom_sbv	A	30	
Code Bassin Versant	cod_bv	AN	3	
Superficie (Km ²)	superficie_sbv	R	8	

11. Table OUED

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code oued	cod_oued	AN	5	
Nom oued	nom_oued	A	50	
Code sous bassin versant	cod_sbv	AN	4	
Longueur (km)	long_oued	R	8	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	

Code de la Région hydrographique :

3 positions

Trois lettres qui représentent les initiales de la région hydrographique.

1. **AHS** : Algérois-Hodna-Soummam
2. **CZ** : Cheliff-Zahrez
3. **OCC** : Oranie-Chott Chergui.
4. **CSM** : Constantinois-Seybouse-Mellegue
5. **SUD** : Sahara

Code du Bassin Versant :

2 positions (Codification ANRH)

Numéro séquentiel de 01 à 17.

Code du Sous Bassin Versant :

4 positions (Codification ANRH)

Les deux premières positions représentent le code du bassin versant.

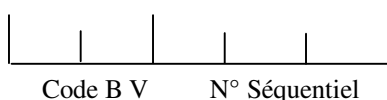
Les deux autres positions représentent un numéro séquentiel qui décrit le sous bassin.

Code Oued :

5 positions

Les deux premières positions représentent le code du bassin versant.

Les trois autres positions représentent un numéro séquentiel.



III. OUVRAGE DE MOBILISATION

Ces tables entités sont utilisées pour les besoins de la programmation

12. Table TYPE_ENTITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Type entite	code_type_entite	N	2	
Libellé Type entité	Nom_type_entite	A	40	
Table à Utiliser	Nom_table	A	30	Exemple : BARRAGE ST_DESSAL ST_EPUR

Code type entité	Nom de la table
1	OUED
2	ST_DESSALEMENT
3	ST_EPURATION
4	BARRAGE
5	OUVRAGE_STOCK
6	FORAGE
7	PUITS
8	SOURCE
9	PRISE_DERIVATION
10	STATION_DE_TRAITEMENT
11	RETENUE_COLLINAIRE
12	G_P_I
13	PIEZOMETRE
14	U_I

13. Table ENTITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Entité	Cod_entite	AN	9	
Code Type entité	code_type_entite	N	2	
Libellé entité	Nom_entite	A	50	

14. Table UNITE_HYDROGEOLOGIQUE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Unité hydrogéologique	cod_unite	AN	6	
Nom Unité hydrogéologique	nom_unite	A	40	

15. Table UNITE_HYDRO_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Unité hydrogéologique	cod_unite	AN	6	
Date Début Période	annee	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Potentialité de l'unité / Période	Potentialite_unite	R	8	
Prélèvement de l'unité / Période	prelevement_unite	R	8	

16. Table FORMATION_UNITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Formation	cod_forma	N	2	
Code Unité hydrogéologique	cod_unite	AN	6	
Nom Formation	nom_forma	A	40	
Description de la lithologie	desc_lithologie_forma	A	40	
Age	age_forma	N	4	
Type	Type_forma	A	50	
Profondeur du toit de la formation (m)	profond_toit_forma	R	6	
Profondeur du toit du substratum (m)	profond_subst_forma	R	6	
Epaisseur (m)	epaiss_forma	R	6	
Niveau piézométrique min (m)	niveau_piezo_min	R	6	
Niveau piézométrique max (m)	niveau_piezo_max	R	8	
Transmissivité min (m ² /s)	transmiss_min_forma	R	6	
Transmissivité max (m ² /s)	transmiss_max_forma	R	8	
Coefficient d'emmagasinement (%)	coef_emmagasi	R	3	

Type de formation	Type_forma	Captive Libre Semi captive
-------------------	------------	----------------------------------

Code unité hydrogéologique :

03 positions (Codification ANRH)

Les deux premières positions représentent un numéro séquentiel attribué à l'unité selon le découpage en zone défini par l'ANRH (Côtier, Hauts plateaux, Sud).

La dernière position est une lettre qui indique la sous unité si elle existe.

Code Formation :

02 positions (Codification ANRH)

17. Table PIEZOMETRE

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du piézomètre	cod_piezo	AN	9	
Code wilaya	Cod_wilaya	AN	2	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code sous bassin versant	cod_SBV	AN	4	
Code Formation captée	cod_forma	N	2	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom du piézomètre	nom_piezo	A	40	
Année de mise en service	annserv_piezo	D		
Profondeur	profond_piezo	R	8	
Etat	Etat_piezo	A	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_piezo	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_piezo	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_piezo	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_piezo	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_piezo	R	10	

18. Table PIEZO_NIVEAU

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station piézométrique	cod_piezo	AN	9	
Année	annee	D		
Niveau statique (m)	niveau_statique	R	8	

Code piézomètre :

09 positions (Codification ANRH)

La première position est une lettre.

Les trois positions suivantes représentent le numéro de la case correspondant à la lettre précédente.

Les cinq dernières positions représentent un numéro séquentiel.

19. Table ST_DESSALEMENT

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station de dessalement	cod_dessal	AN	6	
Code Bassin versant	cod_bv	AN	3	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Nom station	nom_dessal	A	80	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Localité	localite_dessal	A	40	
Nature de la station de dessalement et déminéralisation	nature_dessal	A	50	
Mode de traitement de la station de dessalement et déminéralisation	trait_dessal	A	50	
Capacité (m ³ /j)	capacite_dessal	R	8	
Usage	Usage_dessal	AN	50	
Etat	Etat_dessal	AN	50	
Gestionnaire	Gest_dessal	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_dessal	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_dessal	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_dessal	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_dessal	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_dessal	R	10	

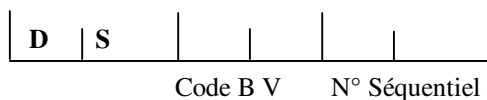
Code des stations de dessalement:

06 positions

DS : Les deux premières positions pour le code de la station de dessalement.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service.

**20. Table DESSAL_ARRET**

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station de dessalement	cod_dessal	AN	6	
Date Début Arrêt	annee	D		
Date Fin Arrêt	Dat_annee	D		
Cause de l'arrêt	Cause_Arret	A	50	

21. Table DESSAL_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station de dessalement	cod_dessal	AN	6	
Date Début	annee	D		
Date Fin	Dat_annee	D		
Volume Produit	Volume_prod_dessal	R	8	

22. Table ST_EPURATION

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station d'épuration	cod_epur	AN	6	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code sousbassinversant	cod_sbv	AN	4	
Nom station	nom_epur	A	40	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Année de mise en service	annee_epur	D		
Type STEP		A	21	STEP LAGUNE BASSIN DE DECANTATION
Capacité d'épuration Eq- hab	capacite_epur	R	8	
Débit moyen reçu (m ³ /j)	debit_recu_epur	R	8	
Débit moyen épuré (m ³ /j)	debit_epur	R	8	
Rendement épuratoire (%)	rend_epur	R	3	
Procédé d'épuration	procede_epur	A	50	
Niveau d'épuration	niveau_epur	A	50	
Volumes réutilisés pour IRRIG (hm ³ /an)	volume_reutilise_IRRIG_e pur	R	6	
Volumes réutilisés pour IND (hm ³ /an)	volume_reutilise_IND_epu r	R	6	
Milieu récepteur (oued , mer...)	milieu_recept_epur	A	40	
Destination des boues	dest_boues_epur	AN	50	

Etat	Etat_epur	AN	50	Table lexicque
Gestionnaire	Gest_epur	AN	50	Table lexicque
Type de rejets	Type_rejets_step	AN	50	
Qualité de l'eau après traitement	Qualite_step	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_epur	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_epur	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_epu	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_epur	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_epur	R	10	

Nous avons fusionné, STEP, lagunes et bassins de décantation

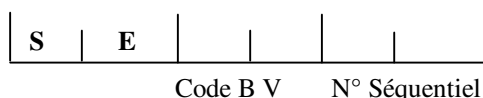
Code des stations d'épuration :

06 positions

SE : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service de la station d'épuration.



Code de lagune et bassin de décantation :

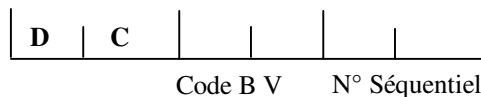
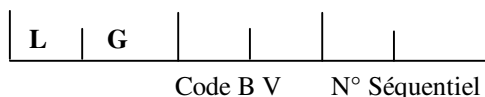
06 positions

LG : Les deux premières positions pour le code de lagune.

DC : Les deux premières positions pour le code du bassin de décantation.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service.



Procédé d'épuration	Procédé d'épuration	Boue activée à faible charge Boue activée Traitement biologique
Niveau d'épuration de la station d'épuration	Niveau d'épuration	Primaire Secondaire Tertiaire
Destination des boues	Dest_boue_epur	Décharge Incinération Agriculture
Type de rejets d'un step	Type_step	Rejets domestiques Rejets industriels
Qualité de l'eau de la step après traitement	Qualité_eau	Utilisable directement pour l'AEP Nécessite un traitement pour l'AEP Eau usée traitée Eau usée non traitée Eau saumâtre

23. Table EPURAT_ARRET

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station d'épuration	cod_epur	AN	6	
Date Début Arrêt	Annee	D		
Date Fin Arrêt	Dat_annee	D		
Cause de l'arrêt	Cause_Arret	A	50	

24. Table EPUR_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la station d'épuration	cod_dessal	AN	6	
Date Début	Annee	D		
Date Fin	Dat_annee	D		
Volume à traiter	Vol_trait	R	10	
Volume Produit	Volume_prod_dessal	R	8	

25. Table BARRAGE

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du barrage	cod_barrage	AN	6	Voir annexe
Code du bassinversant	cod_bv	AN	3	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Type code entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom Oued	nom_oued	A	50	
Nom du barrage	nom_barrage	A	30	
Superficie du BV du barrage (Km ²)	superficie_barrage	R	6	
Type	type_barrage	AN	50	
Nature du Barrage	Nature_brg	A	5	Grand / Petit
Année de mise en service	annserv_barrage	D		
Capacité initiale (hm ³)	capa_initiale_barrage	R	8	
Volume utile initial (hm ³)	vol_utile_initial_barrage	R	8	
Volume régularisé initial (hm ³)	vol_regul_initial_barrage	R	8	
Usage	Usage_barrage	AN	50	
Taux d'envasement mesuré (%)	taux_enva_barrage	R	3	
Etat	Etat_barrage	AN	50	
Hauteur hors sol du barrage (m)	haut_barrage	R	8	
Côte de retenue normale (m NGA)	cote_reten_barrage	R	8	
Côte des plus hautes eaux (m NGA)	cote_haut_barrage	R	8	
Aquaculture	Aqua_Bge	R	3	Oui / Non
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_barrage	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_barrage	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_barrage	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_barrage	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_barrage	R	10	

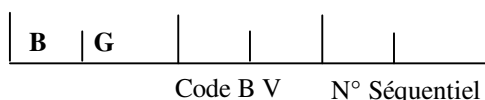
Code des barrages :

06 positions

BG : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service du barrage.



Type du barrage	Type_bge	En béton Terre Poids Voûte Zoné BCR Terre zoné Enrochement
-----------------	----------	---

26. Table BARRAGE_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du barrage	cod_barrage	AN	6	
Année	annee	D		
Capacité totale actuelle (hm ³)	capa_total_barrage	R	8	
Quantité Produite AEP	Qte_Barrag_AEP	R	10	
Quantité Produite Irrigation	Qte_Barrag_Irr	R	10	
Taux de remplissage (%)	Taux_remplissage	R	3	

27. Table BARRAGE_VOLUME

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du barrage	cod_barrage	AN	6	
Année	annee	D		
Capacité totale actuelle (hm ³)	capa_total_barrage	R	8	
Volume utile actuel (hm ³)	vol_utilite_actuel_barrage	R	8	
Apport moyen annuel (hm ³ /an)	apport_moyen	R	8	
Envasement moyen annuel (hm ³ /an)	envasement_moyen	R	8	
Volume affecté AEP (hm ³ /an)	volume_affecte_AEP	R	8	
Volume affecté IRRIG (hm ³ /an)	volume_affecte_IRRIG	R	8	

28. Table BARRAGE_QUALITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code du barrage	cod_barrage	AN	6	
Année	Annee	D	6	
PH	Ph	R	6	
RS	Rs	R	6	
O2d	O2d	R	6	
NO3	No3	R	6	
NO2	No2	R	6	
NH4	Nh4	R	6	
PO4	Po4	R	6	
DBO5 (mg/l)	Dbo5	R	6	
DCO (mg/l)	Dco	R	6	
MO (mg/l)	mo	R	6	

29. Table BARRAGE_HVS

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du barrage	cod_barrage	AN	6	
Année	Annee	D	6	
Hauteur	hauteur_hvs	R	6	
Volume	surface_hvs	R	6	
Surface	volume_hvs	R	6	

30. Table BARRAGE_TRANSF

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du Transfert	Code_Transf	AN	6	
Code du barrage origine	cod_barrage	AN	6	
Code du barrage destination	Bar_cod_barrage	AN	6	
Linéaire	Line_Transf	R	10	
Nombre de Stations de Pompage	Nbr_Station	N	3	

31. Table TRANSF_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du Transfert	Code_Transf	AN	6	
Date Début Période	annee	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Sens du Transfert	Sens_Transf	A	5	G : Gain ; P : Perte ;
Volume Transféré	Vol_Transf	R	10	

32. Table RETENUE_COLLINAIRE

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code retenue collinaire	cod_retenue	AN	7	
Code sous bassin versant	cod_sbv	AN	4	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom Oued	nom_oued	A	50	
Nom	nom_retenue	AN	50	
Type	typ_retenue	AN	50	
Superficie du BV à la retenue (Km ²)	superf_retenue	R	8	
Hauteur (m)	haut_retenue	R	8	
Capacité (hm ³)	capacite_retenue	R	8	
Usage	Usage_retenue	AN	50	
Année de mise en service	annserv_retenue	D		
Etat	Etat_retenue	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_retenue	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_retenue	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_retenue	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_retenue	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_retenue	R	10	

Code des retenues collinaires:

06 positions

RC : Les deux premières positions pour le code de la retenue collinaire.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service.

R	C				
Code B V			N° Séquentiel		

33. Table RETENUE_VOLUME

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de la retenue	cod_retenue	AN	7	
Année	annee	D		
Envasement moyen annuel (hm ³ /an)	envasement_retenue	R	6	
Volume affecté AEP (hm ³ /an)	volume_affectAEP_retenue	R	6	
Volume affecté IRRIG (hm ³ /an)	volume_affectIRRIG_retenue	R	6	

34. Table CHPS_CAPTAGE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Champs de Captage	cod_chps_capt	AN	6	
Désignation Champs de Captage	Des_chps_capt	A	40	

35. Table FORAGE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du forage	cod_forage	AN	8	
Code du forage (ANRH)	cod_anrh	AN	9	
Code sous bassin versant	Cod_sbv	AN	4	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code Formation captée	cod_forma	N	2	
Champ de captage	cod_chps_capt	AN	6	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom du forage	nom_forage	A	30	
Localité	localite_forage	A	40	
Profondeur (m)	profond_forage	R	8	
Niveau statique (m)	niveau_stat_forage	R	8	
Niveau dynamique (m)	niveau_dyna_forage	R	8	
Année de mise en service	anserv_forage	D	4	
Débit critique d'exploitation (l/s)	debit_forage	R	8	
Débit moyen annuel d'exploitation (l/s)	debit_moyen_forage	R	8	
Rabattement critique (m)	Rab_critique	R	8	
Périmètre de protection	perimetre_forage	A	3	oui/non
Comptage	comptage_forage	A	3	oui/non
Etat	Etat_forage	AN	50	
Gestionnaire	Gest_forage	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_forage	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_forage	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_forage	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_forage	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_forage	R	10	

Code des Forages, Puits, Sources et Foggaras (Code ANRH)

09 positions (Codification ANRH)

La première position est une lettre.

Les trois positions suivantes représentent le numéro de la case correspondant à la lettre précédente.

Les cinq dernières positions représentent un numéro séquentiel.

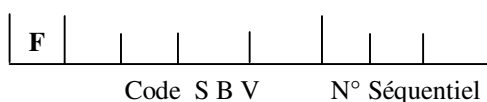
Code des Forages.

08 positions

F : la première position pour le forage

Les quatre positions suivantes représentent le code du sous bassin versant

Les trois dernières positions représentent un numéro séquentiel

**36. Table USAGE (Usage des Forages)**

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code Usage	cod_usage	A	1	
Désignation Usage	Des_Usage	A	40	

37. Table FORAGE_USAGE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du forage	cod_forage	AN	8	
Code Usage	cod_usage	A	1	

38. Table FORAGE_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du forage	cod_forage	AN	8	
Date	annee	D		
Débit d'exploitation (l/s)	debit_forage	R	8	

39. Table FORAGE_QUALITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code du forage	cod_forage	AN	6	
Année	Annee	D		
PH	Ph	R	6	
RS	Rs	R	6	
O2d	O2d	R	6	
NO3	No3	R	6	
NO2	No2	R	6	
NH4	Nh4	R	6	
PODBO54	Po4	R	6	
DCO (mg/l)	Dco	R	6	
MO (mg/l)	mo	R	6	

40. Table PUIITS

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du puits	cod_puits	AN	8	
Code du puits (ANRH)	cod_anrh	AN	9	
Code Sous bassin versant	cod_sbv	AN	4	
Code Commune	cod_com	AN	4	
code type entité	cod_type_entite	N	2	
Code Formation captée	cod_forma	N	2	
Nom du puits	nom_puits	A	40	
Localité	localite_puits	A	40	
Année de mise en service	annsrev_puits	D		
Dernier débit d'exploitation (l/s)	debit_puits	R	8	
Existence de l'équipement	exist equip_puits	A	3	oui/non
Usage	Usage_puits	AN	50	
Profondeur du puits	profond_puits	R	8	
Etat	Etat_puits	AN	50	
Gestionnaire	Gest_puits	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_puits	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_puits	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_puits	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_puits	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_puits	R	10	

41. Table PUIITS_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code du puits	cod_puits	AN	8	
Date Début Période	annee	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Débit (l/s)	debit_puits	R	8	
Volume Pompé	Volume_puits	R	8	

Code des Forages, Puits, Sources et Foggaras (Code ANRH)

09 positions (Codification ANRH)

La première position est une lettre.

Les trois positions suivantes représentent le numéro de la case correspondant à la lettre précédente.

Les cinq dernières positions représentent un numéro séquentiel.

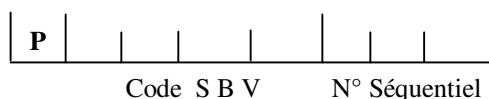
Code Puits :

08 positions

P : la première position pour le puits

Les quatre positions suivantes représentent le code du sous bassin versant

Les trois dernières positions représentent un numéro séquentiel



42. Table SOURCE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code source	cod_source	AN	9	
Code source (ANRH)	cod_anrh	AN	9	
Code Sous bassin versant	Cod_sbv	AN	4	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code type entité	cod_type_entite	N	2	
Nom source	nom_source	A	40	
Localité	localite_source	A	40	
Débit capté (l/s)	debit_source	R	8	
Usage	Usage_source	AN	50	
Etat	Etat_source	AN	50	
Gestionnaire	Gest_source	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_source	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_source	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_source	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_source	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_source	R	10	

Code des Forages, Puits, Sources et Foggaras (Code ANRH)

09 positions (Codification ANRH)

La première position est une lettre.

Les trois positions suivantes représentent le numéro de la case correspondant à la lettre précédente.

Les cinq dernières positions représentent un numéro séquentiel.

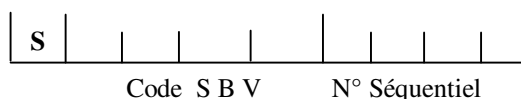
Code source :

09 positions

S : la première position pour la source

Les quatre positions suivantes représentent le code du sous bassin versant

Les quatre dernières positions représentent un numéro séquentiel.



43. Table SOURCE_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code source	cod_source	AN	9	
Date Début	Annee	D		
Date Fin	Date_annee	D		
Débit Capté	Debit_Sce	R	10	
Volume Capté	Volume_Sce	R	10	

44. Table SOURCE_QUALITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code de la source	cod_source	AN	9	
Année	Annee	D		
PH	Ph	R	6	
RS	Rs	R	6	
O2d	O2d	R	6	
NO3	No3	R	6	

NO2	No2	R	6	
NH4	Nh4	R	6	
PO4	Po4	R	6	
DBO5 (mg/l)	Dbo5	R	6	
DCO (mg/l)	Dco	R	6	
MO (mg/l)	mo	R	6	

45. Table ZONE_HUMIDE

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la zone humide	cod_zone	AN	6	
Code bassin versant	cod_bv	AN	3	
Code Wilaya	cod_wilaya	AN	2	
Nom de la zone	nom_zone	A	40	
Superficie de la zone (Km ²)	superf_zone	R	8	
Profondeur moyenne (m)	profond_zone	R	8	
Type	Type_zoneh	AN	50	Voir plus bas
Flore	flore_zone	AN	40	
Faune	faune_zone	AN	40	
Usage	Usage_zone	AN	80	
Classification de la zone RAMSAR	classif_zone	A	3	(Oui/Non)

Zone humide ou lac

Code de la zone humide :

06 positions

ZH : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la superficie de la zone humide.

Z	H				
----------	----------	--	--	--	--

Code B V N° Séquentiel

Type de la zone humide	Type_zone_humide	Lac Chott Sebkha Marais salée
------------------------	------------------	--

46. Table ZONE_HUMIDE_HIST

DESIGNATION	Champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la zone humide	cod_zone	AN	6	
Date Début	Annee	D		
Date Fin	Dat_annee	D		
Volume Prelevé	Volume_prelev_ZH	R	10	

47. Table ZONE_HUMIDE_QUALITE

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>Observation</i>
Code de la zone humide	cod_zone	AN	6	
Année	Annee	D		
PH	Ph	R	6	
RS	Rs	R	6	
O2d	O2d	R	6	
NO3	No3	R	6	
NO2	No2	R	6	
NH4	Nh4	R	6	
PO4	Po4	R	6	
DBO5 (mg/l)	DbO5	R	6	
DCO (mg/l)	Dco	R	6	
MO (mg/l)	mo	R	6	

48. Table PRISE_DERIVATION

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code prise dérivation	code_prise	AN	6	
Code Sous bassinversant	cod_sbv	AN	4	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Nom	nom_prise	A	40	
Type	typ_prise	AN	50	
Superficie BV à la prise (Km ²)	superf_prise	R	8	
Capacité de dérivation (m ³ /s)	capacite_prise	R	8	
Etat	Etat_prise	AN	50	
Gestionnaire	Gest_prise	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_prise	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_prise	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_prise	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_prise	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_prise	R	10	

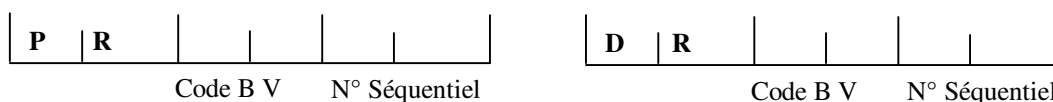
Code Prise et Dérivation :

06 positions

PR : Les deux premières positions pour le code de la Prise.**DR** : Les deux premières positions pour le code de la Dérivation.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribue selon la date de mise en service.



49. Table PRISE_DESTINATION

<i>DESIGNATION</i>	<i>Champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code prise/dérivation	cod_prise	AN	6	
Code entité destination	Cod_entite	AN	9	
Code type entité destination	Cod_type_entite	N	2	
Apports	apport_derivation	R	8	

50. Table PRISE_HIST

DESIGNATION	Champ	Type	Long	OBSERVATION
Code prise/dérivation	cod_prise	AN	6	
Date Début Période	Annee	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Apports	apport_derivation	R	8	
Volume transféré (Hm ³ /an)	volume_transfere_prise	R	8	

IV. ADDUCTION ET ASSAINISSEMENT

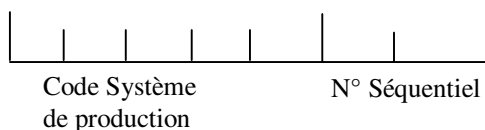
51. Table ADDUCTION

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code adduction	code_adduction	AN	7	
Code de la commune	Cod_com	AN	4	
Code type entité origine	Cod_type_entite	N	2	
Code entité origine	Code_entite	AN	9	
Code type entité destination	Cod_entite	AN	9	
Code entité destination	Cod_type_entite	N	2	
Nom adduction	nom_adduc	A	30	
Date de mise en service	date_adduc	D		
Longueur linéaire (ml)	long_adduc	R	8	
Diamètre (mm)	diametre_adduc	R	8	
Type de matériaux	Typ_mat_adduc	A	50	
Etat	Etat_adduc	AN	50	

Code adduction :

07 positions

Les 05 premières positions représentent le code du système de production.
Les 02 positions suivantes représentent un numéro séquentiel.



Type de matériaux de l'adduction	Type_Adduction	Acier Fonte PVC Béton
----------------------------------	----------------	--------------------------------

52. Table Type_transport

DESIGNATION	Champ	Type	Long	OBSERVATION
Mode de transport de l'eau	Mode_transport	A	50	

53. Table ADDUCTION_TRANSP

DESIGNATION	Champ	Type	Long	OBSERVATION
Code adduction	code_adduction	AN	7	
Mode de transport de l'eau	Mode_transport	A	50	

Mode de transport de l'adduction	Transport_Adduction	Gravitaire Pompage Mixte
----------------------------------	---------------------	--------------------------------

54. Table ST_TRAITEMENT

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la station de traitement	cod_trait	AN	6	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code bassinversant	cod_bv	AN	3	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom	nom_trait	A	40	
Année de mise en service	annee_trait	D		
Capacité de traitement (m ³ /j)	capacite_trait	R	8	
Mode de traitement	mode_trait	A	40	
Nature	nature_trait	AN	50	
Etat	Etat_trait	AN	50	
Origine de la ressource	Ressource_trait	AN	50	
Station extensible	extensibilite_trait	A	3	
Gestionnaire	Gest_trait	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_trait	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_trait	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_trait	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_trait	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_trait	R	10	

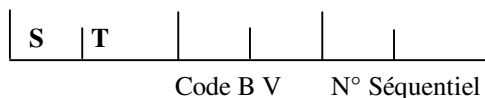
Nature de la station de traitement	Nature_traitement	Monobloc Grande station
Mode de traitement		

Code Station de traitement :06 positions

ST : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service de la station de traitement.



55. Table ST_TRAITEMENT_HIST

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la station de traitement	cod_trait	AN	6	
Date Début Période	Annee	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Volume traité (m ³ /j)	vol_trait	R	8	

56. Table ST_TRAITEMENT_CDC

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la station de traitement	cod_trait	AN	6	
Code centre de consommation	Cod_cdc	AN	4	

57. Table OUVRAGE_STOCK

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code d'ouvrage stock	cod_ouvrage	AN	8	
Code bassinversant	cod_bv	AN	3	
Code Commune	cod_com	AN	4	
Code type entité	cod_type_entite	N	2	
Nom	nom_ouvrage	A	40	
Localité	localite_ouvrage	A	40	
Année de mise en service	annee_ouvrage	D		
Type	Typ_ouvrage	AN	50	
Capacité de stockage (m ³)	capacite_ouvrage	R	8	
Existence de débit mètre	exist_debitmetre	BL	1	
Etat	Etat_ouvrage	AN	50	
Gestionnaire	Gest_ouvrage	AN	50	
Coordonnées géographiques (X)	coordXG_ouvrage	R	10	
Coordonnées géographiques (Y)	coordYG_ouvrage	R	10	
Coordonnées (Z)	coordZ_ouvrage	R	10	
Coordonnées Lambert (X)	coordXL_ouvrage	R	10	
Coordonnées Lambert (Y)	coordYL_ouvrage	R	10	

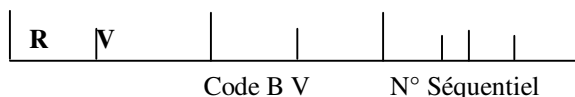
Type de l'ouvrage de stockage	Type_stock	Enterré Semi-Enterré Surélevé Château d'eau Bache Au Sol Elevé
-------------------------------	------------	--

Code Ouvrage de stockage : 08 positions

RV : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les quatre dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service de l'ouvrage de stockage.



58. Table RESEAU ASSAINISSEMENT

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de l'agglomération	cod_agglo	AN	7	
Code step de raccordement	cod_epur	AN	6	
Année	Année	D		
Linéaire du réseau d'assainissement principal (ml)	lineaire_ass	F		
Type du réseau d'assainissement	typ_ass	AN	50	
Taux de raccordement dans le réseau d'assainissement (%)	taux_ass	F	3	
Etat du réseau d'assainissement	etat_ass	AN	50	
Gestionnaire du réseau d'assainissement	Gest_ass	AN	50	
Volume d'eau rejeté	volume_rejete_ass	F		
Milieu récepteur	milieu_recept_agglo	AN	70	

Type du réseaud'assainissement	Type_assainissement	Séparatif Unitaire Mixte
--------------------------------	---------------------	--------------------------------

V. CONSOMMATION

59. Table GPI

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code GPI	cod_gpi	AN	6	
Code du bassin versant	Cod_bv	AN	3	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom GPI	nom_gpi	A	40	
Superficie irrigable (ha)	superf_irrigable	R	8	
Superficie Totale (ha)	superf_totale	R	8	
Superficie équipée (ha)	superf_equipee	R	8	
Gestionnaire	Gest_gpi	AN	50	
Année de mise en service de périmètre	ansserv_gpi	D		
Besoin (hm ³ /an)	besoin_gpi	R	8	
Etat des ouvrages et équipements (commentaire)	etat equip_gpi	AN	100	

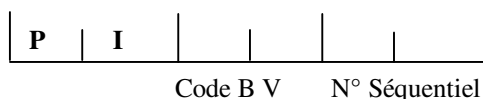
Code GPI :

06 positions

PI : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les deux dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service du GPI.



60. Table GPI_WILAYA

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code GPI	cod_gpi	AN	6	
Code wilaya	Cod_wilaya	AN	2	
Superficie GPI dans wilaya	superficie_gpi_wilaya	R	8	
Pourcentage GPI dans wilaya	% pgi_wilaya	R	3	

61. Table GPI_HIST

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code GPI	cod_gpi	AN	6	
Année	annee	D		
Volume alloué (hm ³ /an)	volume_alloue_gpi	R	8	
Volume lâché (hm ³ /an)	volume_lache_gpi	R	8	
Volume tête de réseau (hm ³ /an)	volume_tete_reseau_gpi	R	8	
Volume distribué (hm ³ /an)	volume_distribue_gpi	R	8	
Volume utilisé par les forages (hm ³ /an)	volume_forage_gpi	R	8	
Efficience du réseau (%)	eff_reseau	R	3	
Superficie irriguée (ha)	superf_irriguee	R	8	
Superficie de l'occupation des sols des principales spéculations (Ha)	superficie_princip_specul	R	8	
Rendement des principales spéculations (Q/Ha)	rendement_princip_specul	R	8	
Système d'irrigation	mode_irrig_gpi	AN	50	

Système d'irrigation	Mode_Irrigation	Gravitaire Goutte à goutte Aspersion Aspersion et goutte à goutte
----------------------	-----------------	--

62. Table PLAN_CULTURE_GPI

Code GPI	cod_gpi	AN	6	
Année	annee	D		
Superficie arboriculture (ha)	superf_arboricult	LR		
Besoin arboriculture (m3/ha)	besoin_arboricult	LR		
Superficie maraîchage (ha)	superf_maraich	LR		
Besoin maraîchage (m3/ha)	besoin_maraich	LR		
Superficie céréalière (ha)	superf_cereal	LR		
Besoin céréalière (m3/ha)	besoin_cereal	LR		
Superficie industrielle (ha)	superf_indust	LR		
Besoin industriel (m3/ha)	besoin_indust	LR		

63. Table AIRE_IRRIGATION

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code aire d'irrigation	cod_aire	AN	7	
Code du bassin versant	Cod_bv	AN	3	
Code Commune	Cod_com	AN	4	
Nom aire d'irrigation	nom_aire	A	40	
Superficie équipée (ha)	superficie equip_aire	R	8	
Système d'irrigation	mode_irrig_aire	A	50	
Gestionnaire	Gest_aire	AN	50	

Système d'irrigation	Mode_Irrigation	Gravitaire Goutte à goutte Aspersion Aspersion goutte à goutte
----------------------	-----------------	---

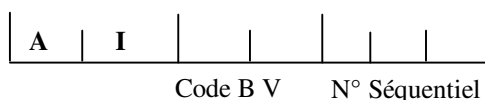
Code Aire d'irrigation :

07 positions

AI : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les trois dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon la date de mise en service de l'aire d'irrigation.



64. Table AIRE_HIST

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code aire d'irrigation	cod_aire	AN	7	
Année	annee	D		
Superficie irriguée (ha)	superficie_irrig_aire	R	8	
Besoins en eau (hm ³ /an)	besoin_eau_aire	R	8	
Volume prélevé (hm ³ /an)	volume_preleve_aire	R	8	
Nombre : retenue collinaire	nbre_RC_aire	N	2	
Nombre : petit barrage	nbre_petit_Bge_aire	N	2	
Nombre : fil de l'eau	nbre_fil_eau_aire	N	2	
Nombre : forage	nbre_Fge_aire	N	2	
Nombre : puits	nbre_puit_aire	N	2	
Nombre : source	nbre_source_aire	N	2	
Nombre : foggara	nbre_foggaras_aire	N	2	

65. Table PMH_HIST

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code commune	cod_com	N	4	
Année	annee	D		
Superficie irriguée (ha)	superf_petite_irrig	R	8	
Volume prélevé (hm ³ /an)	volume_petite_irrig	R	8	
Système d'irrigation	mode_petite_irrig	A	50	
Nombre : retenue collinaire	nbre_RC	N	2	
Nombre : petit barrage	nbre_petit_gbe	N	2	
Nombre : fil de l'eau	nbre_petit_Bge	N	2	
Nombre : forage	nbre_fil_eau	N	2	
Nombre : puits	nbre_Fge	N	2	
Nombre : source	nbre_puit	N	2	
Nombre : STEP	nbre_step	N	2	

Système d'irrigation	Mode_Irrigation	Gravitaire Goutte à goutte Aspersion Aspersion et goutte à goutte
----------------------	-----------------	--

66. Table PRISE_FIL_EAU

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code Commune	cod_com	AN	4	
Oued	Cod_oued	AN	5	
Date Début Période	Anne	D		
Date Fin Période	Dat_annee	D		
Rive	Rive du Oued	A	1	G : Gauche D : Droite
Volume	Volume	R	10	
Prélèvement	Preleve	R	10	

67. Table UI

<i>DESIGNATION</i>	<i>champ</i>	<i>Type</i>	<i>Long</i>	<i>OBSERVATION</i>
Code de l'unité industrielle	cod_ui	AN	7	
Code Commune	Cod_com	AN	4	
Code du bassin versant	Cod_bv	AN	3	
Code de la station d'épuration	Cod_epur	AN	6	
Code type entité	Cod_type_entite	N	2	
Nom de l'unité	nom_ui	A	200	
Implantation	implantation_ui	A	40	
Secteur Activité	type_activite	A	80	
Année de mise en service	Annserv_ui	D		
Matières premières utilisées (commentaire)	matiere_premiere_ui	AN	60	
Besoins en eau (m ³ /j)	besoin_aei	R	8	
Volume recyclé	volume_recycle_ui	R	8	
Volume d'eau rejeté	volume_rejete_ui	R	8	
Milieu récepteur (oued, mer, fosse septique, réseau urbain..)	milieu_recept_ui	AN	60	
Existence d'un système de refroidissement	exist_refroid_ui	A	3	Oui/non
Etat de l'unité	Etat_ui	AN	50	
coordonnées géographiques(X)	coordXG_ui	R	10	
coordonnées géographiques (Y)	coordYG_ui	R	10	
coordonnées Lambert (X)	coordXL_ui	R	10	
coordonnées Lambert (Y)	coordYL_ui	R	10	

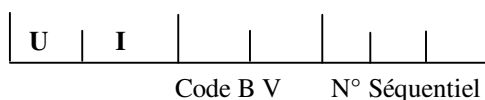
Code de l'unité industrielle :

07 positions

UI : Les deux premières positions.

Les deux positions suivantes représentent le code du bassin versant.

Les trois dernières positions représentent un numéro séquentiel attribué selon l'année de mise en service de l'unité industrielle.

**Type secteur activité (voir ONS, 22 activités).**

- 1 Agriculture et pêche
- 2 Eau et énergie
- 3 Hydrocarbures
- 4 Services et travaux pétroliers
- 5 Mines et carrières
- 6 ISMME (Industrie Sidérurgique, Métallique, Mécanique et électrique)
- 7 Matériaux de construction
- 8 Bâtiment et travaux publics
- 9 Chimie, plastique
- 10 Industrie agroalimentaire
- 11 Industrie du textile
- 12 Industrie du cuir
- 13 Industrie du bois et papier

- 14 Industrie divers
- 15 Transport et Communication
- 16 Commerce
- 17 Hôtellerie et Restauration
- 18 Services fournis aux entreprises
- 19 Services fournis aux ménages
- 20 Etablissements financiers
- 21 Affaires immobilières
- 22 Services pour collectivités

68. Table ALIMENTATION_UI

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de l'unité industrielle	cod_ui	AN	7	
Code de l'entité alimenter	Cod_entite	AN	9	
Code de type entité alimenter	Cod_type_entite	N	2	
Volume consommé (m3/jour)	volume_consomme_ui	R	8	

69. Table UI_HIST

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de l'unité industrielle	cod_ui	AN	7	
Année	annee	D		
Consommation annuelle	cons_annuelle	R	10	

70. Table UI_QUALITE

DESIGNATION	Champ	Type	Long	Observation
Code de l'unité industrielle	cod_ui	AN	7	
Année	Annee	D		
PH	Ph	R	6	
RS	Rs	R	6	
O2d	O2d	R	6	
NO3	No3	R	6	
NO2	No2	R	6	
NH4	Nh4	R	6	
PO4	Po4	R	6	
DBO5 (mg/l)	Dbo5	R	6	
DCO (mg/l)	Dco	R	6	
MO (mg/l)	mo	R	6	

71. Table ZONE_TOURISTIQUE

DESIGNATION	champ	Type	Long	OBSERVATION
Code de la zone d'extension touristique	cod_zonet	AN	6	
Code Commune	Cod_com	AN	4	
Nom de la zone d'extension touristique	nom_zonet	A	40	
Nombre de lits	Nbr_lits	N	6	
Consommation unitaire quotidienne par « lit » (l/j)	cons_unit_sais	R	8	
Consommation individuelle (l/j/hab)	cons_indiv_sais	R	8	
Consommation de la zone (entretien des bâtiments d'accueil, piscines, balnéothérapie, restauration,...)	cons_zone_sais	R	8	
Consommation moyenne j/ha	cons_moy_sais	R	8	

Partie 3 : Elaboration d'un SIG et Cartographie
Annexe (2) : Tables de cotation de la méthode DRASTIC

Données de base pour l'élaboration des cartes thématiques selon la méthode DRASTIC

Paramètres	Principales sources d'information
Profondeur de l'eau (D)	Cartes piézométriques les plus récentes de l'ANRH
Recharge (R)	la carte hydrogéologique de la région d'Alger au 1/200 000 (1973) Etudes hydrogéologiques : <ul style="list-style-type: none"> • Thèse doctorat Benziada, 1994. Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja Est : Application d'un modèle mathématique « ASM » au bassin côtier algérois .Algérie .Thèse doctorat en science de la terre. USTHB. • Sir M Mac Donald & partnerslimited en association avec WS Atins Angleterre et BNEDER, Algérie, 1992. • Modèle mathématique de la nappe de la Mitidja :Bennie&partners, 1983. • Etude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de la Mitidja –ENERGOPROCT. 1978 : Schéma général de l'aménagement hydraulique de la Mitidja. Rapport en 18 Vol.Vol IV. Etude géologique et hydrogéologique, ANRH, Alger.
Nature de l'aquifère (A)	Cartes géologiques (1/50 000) : Chéraga : 20, Alger : 21, Tipaza : 40, Kolea : 41, L'Arbaa: 42, Hadjout: 62, Blida : 63, Tablat : 64 <ul style="list-style-type: none"> • Carte hydrogéologique de la région d'Alger (1/200 000).
Nature du sol (S)	<ul style="list-style-type: none"> • Etude pédologique (Ecrement, 1971) document ANRH. • Etude pédologique de la Mitidja (SOGREAH, 1973). • Profils et cartes pédologiques (SOGREAH, 1973). • Etude de l'aménagement hydro agricole de la plaine (Sir M. Mac Donald & partners,1992).
Topographie (T)	Cartes Topographiques (1/200 000,INCT).
Impact de la zone non saturée (I)	<ul style="list-style-type: none"> • Cartes géologiques (nature de l'aquifère, SOFRECO 2010). • Etude géophysiques (CGG, 1967, 1969) • Etude géophysiques (Algéo, 1978).
Perméabilité (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes hydrogéologiques (recharge, DEMRH 1973). • Thèse d'état (Toubal, 1998). • Modèle mathématique pour la nappe de la Mitidja (Bennie & partners, 1983).

Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (3) : Coordonnées des Logs des Forages de la Mitidja

Log forage	X	Y	Log forage	X	Y
E00700165	546508	375297	E00707759	501834	355057
E00704186	542807	381160	E00707760	503219	357971
E00706739	538017	377302	E00707761	507748	357474
E00707164	498873	356237	E00707762	507828	360722
E00707240	509782	366927	E00707763	506940	359301
E00707303	541095	370849	E00707764	509870	358609
E00707304	541604	362434	E00707765	503703	362166
E00707330	518680	364675	E00707775	499099	357890
E00707334	496564	363632	E00707789	503471	351769
E00707380	535119	378190	E00707790	505025	352807
E00707386	543795	377651	E00707791	500317	350492
E00707435	541062	382593	E00707806	530000	367620
E00707436	532269	368563	E00707809	530722	369620
E00707440	536416	367571	E00707818	542730	366183
E00707448	546931	378938	E00707823	511427	358373
E00707449	531026	365659	E00707843	539275	364993
E00707450	527962	362100	E00707844	540000	367179
E00707472	514762	370377	E00707848	493013	358086
E00707473	512990	372273	E00707849	491773	356479
E00707474	511524	372107	E00707850	492102	354756
E00707475	512445	373488	E00708028	517083	363599
E00707476	510852	372516	E00708080	499288	362700
E00707486	535364	366225	E00708081	530726	366686
E00707495	532478	376007	E00708083	542321	379896
E00707523	540847	374587	E00708090	541912	376619
E00707535	513789	362537	E00708091	541886	376599
E00707542	509055	355101	E00708092	535488	374447
E00707555	520000	367956	E00708093	541212	376572
E00707561	512598	369060	E00708094	541112	376588
E00707562	519853	370548	E00708095	539996	376545
E00707577	503373	367948	E00708096	539943	376522
E00707585	517633	360608	E00708097	541684	376518
E00707614	538865	381184	E00708098	534898	373325
E00707649	504967	368946	E00708099	541656	376769
E00707651	509093	369141	E00708100	540487	375611
E00707676	515626	358512	E00708101	537518	380000
E00707695	524352	372676	E00708103	498380	354705
E00707698	530517	374628	E00708108	538918	378386
E00707699	529644	372850	E00708134	547539	372872
E00707729	498377	364971	E00708136	536448	363138
E00707732	547057	380599	E00708139	510000	370283
E00707734	527553	360777	E00708140	509469	370456
E00707736	504267	364322	E00708141	509723	370436
E00707754	500239	360058	E00708142	510000	370514
E00707755	502131	360751	E00708143	508092	370653
E00707756	501731	360936	E00708144	509257	371127
E00707757	503925	354108	E00708145	509638	371112
E00707758	504983	354548	E00708146	510000	371776

Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (3) : Coordonnées des Logs des Forages de la Mitidja

Log forage	X	Y	Log forage	X	Y
E00708147	510295	371081	E00803543	558220	385724
E00708148	510316	371289	E00803631	550502	383295
E00708149	510910	371058	E00803632	550422	383230
E00708150	511079	371336	E00803633	550455	383163
E00708151	511545	371764	E00803634	551963	386730
E00708152	511548	371986	E00803635	551906	384575
E00708153	503366	358974	E00804039	551635	375866
E00708154	503950	356282	E00804076	551220	377540
E00708155	503329	357234	E1	485165	364196
E00708156	512010	361573	E10	561795	383403
E00708157	504717	363081	E11	560000	377714
E00708158	505138	367004	E12	562380	386145
E00708159	505915	365638	E13	564000	384982
E00708160	512013	362478	E14	559183	374237
E00708161	512009	363012	E16	494925	349323
E00708162	513064	371404	E2	484397	362617
E00708163	510000	363422	E3	484940	361406
E00708164	505443	353162	E4	485287	360222
E00709099	522269	371773	E5	486305	359590
E00709101	532529	364288	E6	485305	358458
E00709102	523530	370940	E7	485294	355310
E00709103	521469	372198	E9	501583	348654
E00709104	520454	371314	G2	489915	364003
E00709105	521671	370760	G3	490105	362051
E00709130	507810	354025	G4	490193	360878
E00709133	509896	353919	G5	490526	359310
E00709134	517588	359534	G6	491047	357956
E00709135	515356	357564	PZ Benkheilil	512327	368006
E00709136	499864	352927	PZ BLIDA	503833	357360
E00709142	545195	382063	PZ El Affroun	493093	360519
E00709143	545460	382996	PZ Sdi Moussa	535300	371098
E00709144	545601	384020	PZ Tabinet	532769	361072
E00709145	545731	384328			
E00709146	547606	384623			
E00709147	546739	384927			
E00709148	545456	384122			
E00709149	548096	384826			
E00709150	548123	384804			
E00709151	548374	385784			
E00715036	512807	364543			
E00803387	555025	374837			
E00803388	556529	375203			
E00803389	556685	376844			
E00803390	555566	377612			
E00803412	556575	384036			
E00803419	550469	379321			
E00803462	557522	383044			
E00803472	550000	388858			

**Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (4) : Coordonnées des profils
pédologique et nomenclature**

Profil Pedo.	X	Y	Cote	Profil Pedo.	X	Y	Cote
u1s2	561247	386367	9	b1c3	549555	378383	3
u1s2	560463	385359	9	l1c2	551580	377009	3
u1s2	558621	386198	9	l1a3	549452	374667	1
t1n2	556969	386830	9	l1s4	552955	373128	3
c1b2	557061	384987	3	l1u2	550478	373071	5
u1s2	559263	383802	9	l1u2	549035	372764	5
u1s2	562659	382630	9	l1a3	547524	372141	1
l1c2	562750	383977	3	c1a3	549126	377312	1
l1b3	560158	382673	1	b1	547512	378208	1
l1c2	558100	382123	3	a1	546262	378424	1
l1b3	561114	378595	1	c1b2	545842	376733	1
b1a2	558553	378718	1	b1	545682	384145	1
l1u3	560518	379550	1	b1	546670	383192	1
l1b3	557492	377267	1	a1	547704	382318	1
c1b3	558665	373918	1	t1s2	544124	383064	3
l1s2	558202	374908	3	m1b2	542328	383065	3
b1a3	555167	372222	1	b1c3	546101	381964	3
b1a3	554991	373704	1	b1a4	544260	381975	1
l1s4	555052	375320	3	b1a2	543464	381009	1
c1b3	559333	375847	1	a1b2	544509	379361	1
c1b3	556906	375908	1	b1	541758	380939	1
l1b3	559488	380889	1	a1b2	540360	379668	1
b1a2	555620	381691	1	c1l4	538836	380645	3
l1u2	557359	380509	5	a1	543222	378884	1
b1a2	555723	380057	1	a1	542454	376457	1
b1a2	554919	378911	1	a1	540906	377552	1
l1b3	554436	377801	1	a1	549782	376570	1
a1b3	555784	383206	1	a1b2	541041	375447	1
b1a3	553942	383021	1	a1b2	543177	374951	1
m1n2	553758	384615	1	b1	547290	374160	1
c1b3	553870	386902	1	b1	545787	374555	1
u1c3	551082	388084	3	c1l2	543775	376984	3
l1u2	549404	389243	5	a1	538913	379335	1
a1	548617	387666	1	a1	537410	378895	1
a1	548544	385837	1	c1b3	538676	377947	1
a1	549834	385199	1	a1a3	537794	376353	1
a1	547778	383943	1	a1b2	538551	374795	1
b1c3	551553	386417	3	c1b2	545703	373573	1
b1c3	550020	384085	3	c1	544786	373795	3
b1a3	552014	385075	1	b1c2	542363	373964	1
l1c2	552715	375511	3	b1c3	543360	372332	3
b1a3	550794	375800	1	a1b2	541268	373048	1
l1	553013	376524	3	l1s4	546391	370337	3
a1	551337	381784	1	l1c3	544930	369899	3
b1a2	550113	382827	1	b1	543053	370842	1
u1	549749	381314	1	c1	541378	371201	3
c1b2	553299	380419	1	u1m2	542592	369537	3
b1c2	551488	379667	1	b1	543952	368459	1

**Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (4) : Coordonnées des profils
pédologique et nomenclature**

Profil Pedo.	X	Y	Cote	Profil Pedo.	X	Y	Cote
c1b2	543355	367209	1	b1	533489	365478	1
c113b4	539647	369106	3	c1b2	534445	360199	1
c1b4	543164	365138	1	b1c3	531442	362597	3
l1m2	541344	365875	5	c1u4	529312	362957	5
c1l2	541077	366879	3	b1c2	528823	364183	1
c1	539374	366569	3	b1c3	529731	366048	3
u1l2	538836	365668	3	b1	527900	366243	1
l1	537749	366523	3	b1c3	526291	365183	3
l1c2	537179	365177	3	m1c2	525206	366377	3
c1l2	539213	364566	3	b1c2	525974	367399	1
l1c2	536232	362933	3	c1t3	525371	368655	3
b1l3	535088	364001	3	a1	526583	369873	1
c1b3	535021	377731	1	c1b2	527552	370168	1
a1	535405	376727	1	b1c3	528265	369117	3
c1b2	533554	376702	1	c1	524734	369680	3
l1	533869	375774	3	l1m2	539077	362554	5
b1a3	535304	375008	1	l1u3	540805	362776	5
c1	540115	373596	3	c1u2	542099	363894	5
c1l3	538306	372689	3	m1u2	527089	359726	5
a1	536729	373192	1	m1u2	526443	361104	5
b1c2	534603	373256	1	c1	524959	361672	3
c1	537990	371747	3	c1	524297	362755	3
b1c2	537831	370728	1	c1	523358	361531	3
c1	538796	369519	3	l1m2	525785	362618	5
c1b3	535842	369329	1	b1c3	525370	372579	3
c1l2	534632	370253	3	b1c2	523022	366460	1
b1c2	536288	371480	1	b1c2	521899	365463	1
l1c3	533858	371175	3	c1b2	521576	364462	1
m1l2	535702	367238	3	a1c3	520979	367647	1
m1	536302	368114	3	b1c2	522962	368242	1
l1	535592	368130	3	a1l3	522392	369589	1
u1b2	532213	368780		c1	521907	368551	3
c1b4	532795	369792	1	c1u2	520151	368686	1
c1a4	531206	369756	1	b1	522118	370768	1
c1l3	529753	370920	3	b1	522636	371877	1
c1	530262	371925	3	c1b2	519839	371421	1
b1	528618	372287	1	b1a2	518063	371287	1
c1b2	527896	371317	1	a1b3	517484	370153	1
c1b2	530343	373043	1	a1b2	515803	371086	1
b1	529382	373577	1	a1	517519	366909	1
b1	527058	372675	1	b1	516688	365891	1
c1a4	531029	367653	1	c1b2	514909	365813	1
c1b2	533652	361425	1	c1l3	523084	363964	3
c1m2	535923	361371	3	c1m3	521490	362925	3
b1a3	533663	362344	1	l1m2	521551	361582	5
l1a2	533304	364091	1	c1l2	519325	360689	3
c1m2	535291	365544	3	c1	516866	357768	3
b1a3	534010	366457	1	l1c2	515557	359008	3

Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (4) : Coordonnées des profils pédologique et nomenclature

Profil Pedo.	X	Y	Cote	Profil Pedo.	X	Y	Cote
c1l2	515431	360309	3	c1l2	502344	360678	3
m1l2	516778	361268	3	l1	504671	359616	3
c1	519130	363465	3	l1c2	504758	358089	3
c1	517730	363211	3	l1c2	507779	359257	3
c1	514997	362680	3	c1b3	505907	359025	1
c1	515237	364355	3	b1n4	502559	357964	3
c1	513766	363508	3	c1m2	500997	356392	3
b1	516605	364254	1	l1c2	506074	356748	3
b1	512864	366596	1	l1m2	504339	356651	5
a1	514745	368566	1	c1l3	505692	355159	3
l1c2	513496	367546	3	c1	507304	353032	3
a1	514082	371993	1	c1l2	506194	351566	3
c1	513040	372599	3	l1m2	502494	350049	5
b1c2	510838	372605	1	l1	501016	349343	3
b1a2	511477	370534	1	l1c2	500989	351366	3
l1	512231	356944	3	l1c3	502514	351887	3
l1	509262	358597	3	c1	503259	355431	3
l1	507883	357220	3	b1	499443	358672	1
u1	510795	358436	1	m1t2	496754	364899	3
c1	511789	360166	3	b1c4	496691	363622	3
m1c2	514372	361526	3	b1c2	497885	36861	1
c1b2	513406	360459	1	b1c3	495657	360838	3
l1c3	508860	371272	3	c1a2	499441	355813	1
l1	507781	370499	3	c1	497981	355202	3
c1b2	507615	369434	1	b1c2	521891	365448	1
b1	506984	367934	1	b1	495179	349448	1
t1u2	504776	368523	3	a1b3	496874	350663	1
b1l2	511236	367414	3	a1c2	495781	352253	1
a1	509784	367538	1	b1	496507	353242	1
b1a3	507870	366788	1	c1l2	497451	353708	3
a1c2	505712	365373	1	l1c3	496140	354961	3
b1c2	510402	365205	1	b1	495966	356167	1
c1b3	510698	364187	1	u1m2	495016	357103	3
c1b3	508643	364044	1	c1	494402	358248	3
c1l2	512296	363071	3	c1	493634	360347	3
c1b2	511003	362188	1	b1a2	491885	360023	1
c1b2	509800	360798	1	c1b4	491314	358720	1
c1	509638	362404	3	b1	493542	364970	1
c1b3	507040	361929	1	c1l2	492336	363555	3
b1c3	506482	363623	3	c1l3	493989	361792	3
m1	499728	365840	3	m1	489722	364979	3
b1	503144	364915	1	a1k2	484383	362880	1
c1	503232	363372	3	a1	487340	362257	1
b1l3	501534	365048	3	c1a2	486589	361286	1
b1a2	501370	363266	1	b1	487200	360399	1
b1a2	501158	361804	1	b1	487904	359809	1
c1b4	503598	361776	1	b1a3	484172	360338	1
c1b3	505016	360773	1	b1c2	485256	358537	1

**Partie 3 : Elaboration d'un SIG. Cartographies / Annexe (4) : Coordonnées des profils
pédologique et nomenclature**

Profil Pedo.	X	Y	Cote
a1b3	489249	357263	1
a1	488823	353712	1
b1c2	491411	353542	1
b1	494573	353845	1
b1	494089	354728	1
c1b2	497825	360607	1
b1a2	496894	358948	1
b1a2	497116	357825	1
c1l3	512731	361684	3
l1c2	512908	358779	3
c1	529289	367955	3
c1	528287	367826	3

Partie 3 / Annexe (5) : Unités hydrogéologiques selon la méthode DRASTIC

Poids Log.forage	5	4	3	2	1	5	3	I (DRASTIC)
	D	R	A	S	T	I	C	
E00700165	25	20	24	2	10	30	6	117
E00704186	50	32	24	2	10	45	6	169
E00706739	45	20	24	2	10	30	12	143
E00707164	15	20	24	2	10	30	6	107
E00707240	45	20	21	2	10	30	3	131
E00707303	40	4	15	6	10	15	6	96
E00707304	15	4	27	6	10	25	6	93
E00707330	20	20	18	6	10	30	6	110
E00707334	25	20	21	6	10	30	12	124
E00707380	30	20	24	2	10	5	24	115
E00707386	45	20	21	2	10	30	6	134
E00707435	50	32	24	2	10	45	6	169
E00707436	30	20	18	6	10	45	6	135
E00707440	35	20	27	6	10	45	6	149
E00707448	45	20	21	2	10	5	6	109
E00707449	25	20	24	6	10	45	6	136
E00707450	15	20	27	10	10	15	6	103
E00707472	45	4	24	2	10	30	24	139
E00707473	45	4	24	2	10	5	24	114
E00707474	50	4	24	2	10	5	6	101
E00707475	45	4	24	6	10	5	6	100
E00707476	50	4	24	6	10	5	6	105
E00707486	30	20	27	6	10	45	6	144
E00707495	25	4	27	2	10	5	24	97
E00707523	50	20	27	2	10	30	6	145
E00707535	15	20	27	6	10	45	6	129
E00707542	10	20	27	6	10	45	6	124
E00707555	45	4	21	2	10	30	6	118
E00707561	45	4	27	2	10	5	6	99
E00707562	45	4	27	2	10	5	6	99
E00707577	35	4	27	6	10	5	30	117
E00707585	10	20	21	6	10	45	6	118
E00707614	50	20	27	6	10	5	24	142
E00707649	50	4	27	6	10	5	6	108
E00707651	50	4	21	2	10	45	6	138
E00707676	10	20	24	6	10	45	6	121
E00707695	35	4	21	2	10	5	6	83
E00707698	25	4	21	2	10	5	6	73
E00707699	25	4	27	2	10	30	24	122
E00707729	25	20	21	6	10	30	6	118
E00707732	50	20	24	2	10	5	12	123
E00707734	15	20	24	10	10	30	6	115
E00707736	40	4	24	2	10	30	30	140

Partie 3 / Annexe (5) : Unités hydrogéologiques selon la méthode DRASTIC

Log.forage \ Poids	5	4	3	2	1	5	3	I (DRASTIC)
	D	R	A	S	T	I	C	
E00707754	20	20	27	2	10	30	6	115
E00707755	25	20	21	2	10	30	6	114
E00707756	25	20	27	6	10	45	6	139
E00707757	10	20	27	6	10	15	6	94
E00707758	15	20	27	6	10	15	6	99
E00707759	10	20	21	6	10	30	6	103
E00707760	10	20	21	6	10	30	6	103
E00707761	15	20	21	6	10	45	6	123
E00707762	25	20	27	2	10	30	6	120
E00707763	20	20	18	6	10	30	6	110
E00707764	15	20	21	6	10	45	6	123
E00707765	30	20	24	2	10	45	6	137
E00707775	15	20	21	2	10	30	6	104
E00707789	10	20	15	6	10	15	6	82
E00707790	10	20	27	6	10	15	6	94
E00707791	10	20	27	6	10	50	6	129
E00707806	25	20	21	2	10	45	6	129
E00707809	25	4	18	2	10	30	24	113
E00707818	15	4	24	2	10	25	6	86
E00707823	10	20	18	6	10	45	6	115
E00707843	15	4	27	6	10	25	12	99
E00707844	15	4	27	6	10	45	6	113
E00707848	20	4	27	6	10	30	30	127
E00707849	20	4	27	6	10	30	30	127
E00707850	15	4	27	6	10	30	6	98
E00708028	15	20	18	2	10	30	3	98
E00708080	25	20	15	2	10	30	6	108
E00708081	25	20	24	6	10	45	6	136
E00708083	50	20	24	2	10	5	6	117
E00708090	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708091	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708092	25	20	27	2	10	30	12	126
E00708093	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708094	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708095	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708096	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708097	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708098	25	20	27	2	10	5	12	101
E00708099	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708100	50	20	24	2	10	30	12	148
E00708101	45	20	24	6	10	5	24	134
E00708103	10	20	24	2	10	30	6	102

Partie 3 / Annexe (5) : Unités hydrogéologiques selon la méthode DRASTIC

Log.forage	Poids	5	4	3	2	1	5	3	I(DRASTIC)
	D	R	A	S	T	I	C		
E00708108	50	20	21	2	10	5	24	132	
E00708134	15	4	27	2	10	15	6	79	
E00708136	15	4	21	6	10	25	6	87	
E00708139	50	4	21	2	10	5	24	116	
E00708140	50	4	21	2	10	5	24	116	
E00708141	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708142	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708143	50	4	24	6	10	5	24	123	
E00708144	50	4	24	6	10	5	24	123	
E00708145	50	4	24	6	10	5	24	123	
E00708146	50	4	24	6	10	5	24	123	
E00708147	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708148	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708149	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708150	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708151	50	4	24	2	10	5	24	119	
E00708152	50	4	24	6	10	5	6	105	
E00708153	20	20	27	6	10	30	6	119	
E00708154	10	20	27	6	10	30	6	109	
E00708155	15	20	21	6	10	30	6	108	
E00708156	20	20	24	6	10	45	6	131	
E00708157	40	20	24	2	10	30	6	132	
E00708158	50	4	24	2	10	45	30	165	
E00708159	50	4	21	2	10	30	18	135	
E00708160	20	20	24	2	10	30	6	112	
E00708161	20	20	24	6	10	30	6	116	
E00708162	50	4	21	2	10	5	24	116	
E00708163	30	20	21	2	10	30	6	119	
E00708164	10	20	27	6	10	15	6	94	
E00709099	40	4	18	2	10	5	3	82	
E00709101	20	20	24	2	10	45	6	127	
E00709102	35	4	27	2	10	5	3	86	
E00709103	40	4	27	2	10	5	3	91	
E00709104	40	4	27	2	10	5	3	91	
E00709105	40	4	27	2	10	5	3	91	
E00709130	15	20	18	6	10	15	6	90	
E00709133	10	20	27	6	10	45	3	121	
E00709134	10	20	21	6	10	45	6	118	
E00709135	10	20	24	6	10	45	6	121	
E00709136	10	20	24	2	10	50	6	122	
E00709142	50	32	24	2	10	45	12	175	
E00709143	50	32	24	2	10	45	12	175	
E00709144	50	32	24	6	10	45	6	173	

Partie 3 / Annexe (5) : Unités hydrogéologiques selon la méthode DRASTIC

Log.forage	Poids	5	4	3	2	1	5	3	I (DRASTIC)
	D	R	A	S	T	I	C		
E00709145	50	32	24	6	10	45	6	173	
E00709146	50	32	24	2	10	45	6	169	
E00709147	50	32	24	2	10	45	6	169	
E00709148	50	32	24	6	10	45	6	173	
E00709149	50	32	21	2	10	45	12	172	
E00709150	5	32	21	2	10	45	12	127	
E00709151	50	32	21	2	10	45	6	166	
E00715036	20	20	18	6	10	30	6	110	
E00803387	15	20	27	6	10	45	6	129	
E00803388	15	20	27	6	10	45	6	129	
E00803389	15	20	27	2	10	45	6	125	
E00803390	20	32	27	2	10	45	6	142	
E00803412	50	32	24	6	10	45	12	179	
E00803419	40	20	24	2	10	30	12	138	
E00803462	40	32	24	6	10	30	6	148	
E00803472	50	32	18	6	10	45	24	185	
E00803543	50	32	24	18	10	50	6	190	
E00803631	50	32	27	2	10	30	12	163	
E00803632	50	32	27	2	10	30	12	163	
E00803633	50	32	27	2	10	30	12	163	
E00803634	50	32	21	6	10	45	12	176	
E00803635	50	32	27	2	10	45	12	178	
E00804039	15	20	27	2	10	30	12	116	
E00804076	25	20	24	6	10	30	6	121	
E1	20	4	21	2	10	5	6	68	
E10	25	32	21	18	10	50	6	162	
E11	20	32	18	2	10	45	6	133	
E12	50	32	21	18	10	50	6	187	
E13	35	32	18	6	10	50	6	157	
E14	15	20	27	2	10	45	6	125	
E16	10	4	24	2	10	50	3	103	
E2	20	4	21	2	10	5	6	68	
E3	20	4	21	2	10	5	6	68	
E4	20	4	21	2	10	5	6	68	
E5	20	4	21	2	10	5	6	68	
E6	15	4	24	2	10	5	6	66	
E7	10	4	24	2	10	30	6	86	
E9	10	20	24	6	10	50	3	123	
G2	25	20	21	6	10	5	12	99	
G3	25	20	21	2	10	30	12	120	
G4	25	4	21	2	10	30	12	104	
G5	25	4	18	2	10	30	12	101	
G6	20	4	27	2	10	30	12	105	

Partie 3 / Annexe (5) : Unités hydrogéologiques selon la méthode DRASTIC

Poids Log.forage	5	4	3	2	1	5	3	I(DRASTIC)
	D	R	A	S	T	I	C	
PZ Benkhelil	45	20	15	2	10	45	3	140
PZ BLIDA	15	20	27	6	10	30	6	114
PZ El Affroun	25	20	18	2	10	30	6	111
PZ Sidi Moussa	40	20	27	6	10	30	12	145
PZ Tabinet	15	20	15	6	10	25	30	121