

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHESCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOSTAFA BEN BOULAID BATNA2  
INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE LA GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE

## THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Géographie et aménagement du territoire

### THEME

**Contribution à la caractérisation et modélisation du  
cycle de l'eau potable et les risques associés dans la wilaya de Batna  
( Approche par SIG)**

Présentée par : Baziz Nafissa

Soutenue devant le jury composé de :

Dridi Hadda	Professeur	Université Batna 2	Présidente
Kalla Mahdi	Professeur	Université Batna 2	Rapporteur
Guettouche Mohammed Said	Professeur	USTHB	Examineur
Boutiba Makhlouf	Professeur	USTHB	Examineur
Boudoukha Abderrahmane	Professeur	Université Batna 2	Examineur
Benmessaoud Hassen	Professeur	Université Batna 1	Examineur

Année universitaire 2017/2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHESCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOSTAFA BEN BOULAID BATNA2  
INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE LA GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE

## THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Géographie et aménagement du territoire

### THEME

**Contribution à la caractérisation et modélisation du  
cycle de l'eau potable et les risques associés dans la wilaya de Batna  
( Approche par SIG)**

Présentée par : Baziz Nafissa

Soutenue devant le jury composé de :

Dridi Hadda	Professeur	Université Batna 2	Présidente
Kalla Mahdi	Professeur	Université Batna 2	Rapporteur
Guettouche Mohammed Said	Professeur	USTHB	Examineur
Boutiba Makhlouf	Professeur	USTHB	Examineur
Boudoukha Abderrahmane	Professeur	Université Batna 2	Examineur
Benmessaoud Hassen	Professeur	Université Batna 1	Examineur

Année universitaire 2017/2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلِّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفْلا يُؤْمِنُونَ﴾

الأنبياء (30)

# *Remerciements*

*Le grand merci au bon Dieu tout puissant qui m'a protégé le long de mon cursus d'étude.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à celui qui m'a aidé pour élaborer ce travail Monsieur Kalla Mahdi, professeur à l'institut des sciences de la terre et de l'univers université Batna2, qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements pour avoir accepté de me diriger afin de mener à bien cette thèse. Pour ses conseils utiles, ses critiques fructueuses, je tiens à lui exprimer ici ma profonde reconnaissance.*

*Je remercie Professeur Dridi Hadda pour son aide et son soutien qui m'a fait l'honneur d'avoir accepté de présider le jury.*

*Aussi, je remercie vivement les professeurs : Guettouche Mohamed Said ,*

*Boutiba Makhoulf , Boudoukha Abderrahmane et Benmessaoud Hassan d'avoir accepté d'examiner ce travail malgré leurs nombreuses charges et préoccupations et je les remercie pour l'intérêt qu'ils ont accordé à cette thèse*

*Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel de l'Algérienne des Eaux (ADE), de la direction des ressources en eau et de la direction de la santé .Un merci spécial est adressé à mesdames : Grabssi .H , Ben aicha , Zbida pour leur aide.*

*Je remercie admirablement madame Yazza salima (ADE) pour sa disponibilité et sa patience à répondre à mes diverses questions, malgré ses empêchements lui aussi.*

*Je remercie particulièrement Mohamed lamine Boutrid, Habibi Yayaoui , Bouhata Rabah, , Saliha et Fatima Samiha pour l'aide majeure qu'ils m'ont apporté.*

*Toute ma haute considération à tous les enseignants de l'institut des sciences de la terre et de l'univers.*

*Un merci doit être adressé à ma famille pour son soutien morale précieux pendant toutes mes années d'études. Un merci spécial est adressé à mon époux qui m'a toujours soutenu, encouragé, aidé et conseillé.*

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail mes vifs remerciements.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon père*

*A ma chère mère*

*A mon époux et mes enfants : Fouad, Kamel, ImadEddine et Youcef Elamine*

*A mes chères filles : Dalale , Samia , Djihad et siham*

*Ames petits enfants : Oumaima , Bouthaina , Ahmed ramy et Massine*

*A toute ma grande famille et tous mes proches*

*Nafissa*

## Abréviations

**AEP** : Alimentation en eau potable  
**MTH** : Maladies à transmission hydrique  
**SIG** : Système d'Information Géographique  
**ADE** : Algérienne Des Eaux  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé  
**CCE** : Conseil des Communautés Européennes  
**DRE** : Direction des ressources en eau  
**DPAT** : Direction de la planification et d'aménagement du territoire  
**DSP** : Direction de la santé et de population  
**INSP** : Institut National de Santé Publique  
**CLW** : Chef lieu de la wilaya  
**RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat  
**BTP** : Bâtiments et Travaux Publics  
**ONA** : Office national d'assainissement  
**PDAU** : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.  
**POS** : Plan d'Occupation des Sols.  
**PAW** : Plan d'aménagement de la wilaya  
**ONM** : Office national météorologique  
**ESRI** : Environmental and Social Research Institute  
**CE** : Conductivité électrique  
**DBO** : Demande biochimique en oxygène  
**DCO** : Demande chimique en oxygène  
**PH** : Potentiel d'hydrogène  
**PVC** : Chlorure de Polyvinyle  
**PEHD** : Polyéthylène de Haute Densité  
**STEP** : Station d'épuration  
**RGPH** : Recensement général de la population et d'habitat  
**ZHUN** : Zone d'habitat urbain nouvel  
**UTM** : Universal transverse Mercator  
**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit (unité de mesure de turbidité)  
**μS** : Micro siemens.

# Table des Matières

---

<i>Introduction générale</i> .....	01
<b><u>Chapitre I : Le cadre naturel et socio-économique de la wilaya de Batna</u></b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>06</b>
<b>1-Aspect physique et situation géographique de la wilaya de Batna :</b> .....	<b>06</b>
<b>1-1-Situation géographique :</b> .....	<b>05</b>
<b>1-2 Relief</b> .....	<b>08</b>
<b>1-2-1-Les hautes plaines telliennes</b> .....	<b>08</b>
<b>1-2-2-Les reliefs montagneux ou la jonction des deux atlas</b> .....	<b>10</b>
<b>1-2- 3 Les hautes plaines steppiques</b> .....	<b>12</b>
<b>1-2-3 -1 Les Glacis</b> .....	<b>12</b>
<b>1-2-3-2 La Plaine du Hodna</b> .....	<b>12</b>
<b>1-2-3-3 Le Chott El Hodna</b> .....	<b>13</b>
<b>1- 3 Hydrologie de surface</b> .....	<b>13</b>
<b>1-4- Hydrogéologie</b> .....	<b>15</b>
<b>1-4-1- Description et importance des faciès</b> .....	<b>15</b>
<b>1-4-2- Lithologie et Perméabilité des terrains</b> .....	<b>17</b>
<b>1-5 -Sismicité</b> .....	<b>20</b>
<b>1 -6-Climatologie</b> .....	<b>20</b>
<b>1-6-1-Les précipitations</b> .....	<b>20</b>
<b>1-6-1-1 Les précipitations dans la région de Batna</b> .....	<b>20</b>
<b>1-6-1 -2 Les variations annuelles (station météorologique d'Ain S' khouna).</b> 23	
<b>1-6-1-3-Les variations saisonnières Station d'Ain Skhouna (1988-2010)</b> .....	<b>23</b>
<b>1-6-1-4 Les variations mensuelles dans la Station d'Ain Skhouna (1988-2010)</b> .....	<b>24</b>
<b>1-6-2 La température</b> .....	<b>24</b>
<b>1-6-3 – Diagramme Ombro- thermique de Gaussen</b> .....	<b>26</b>
<b>1-6- 4 Le quotient pluviométrique d'Emberger</b> .....	<b>27</b>

# Table des Matières

---

1-6-5- L'évaporation .....	28
1-6-6- Les vents .....	29
1-6-7- La neige .....	29
2-Les caractéristiques socio économiques .....	30
2-1-Population .....	30
2-1-1 Évolution de la population de la wilaya de Batna (1959-2008) .....	31
2-1-2 Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna.....	33
2-2-Emploi .....	34
2-2-1 Répartition de la population active et occupée .....	34
2-2-2 Répartition de la population occupée par secteur d'activité .....	34
2-3-Habitat .....	35
2-3-1 Evolution du parc de logements dans la wilaya de Batna .....	36
2-4-Equipements .....	36
2-4 -1 Education et Formation .....	36
2-4-2 Infrastructures sanitaires .....	37
2-5- Secteur de l'Industrie .....	37
2-6- Les réseaux .....	38
2-6-1- Réseau routier .....	38
2-6 -2 Réseau ferroviaire .....	38
2-6-3 Réseau Aéroportuaire .....	38
2-6-4 Réseau d'assainissement .....	38
Conclusion .....	41
<b><u>Chapitre II Gestion de l'eau potable dans la wilaya de Batna</u></b>	
Introduction .....	43
1-Présentation de l'organisme gestionnaire de l'eau potable .....	43
1-1 Organisation de l'unité .....	44
1-2 Les taches du laboratoire de l'unité de production .....	44

# Table des Matières

---

1-3 L'Algérienne Des Eaux (ADE) à l'échelle de la wilaya de Batna .....	45
2- Les ressources en eau potable dans la wilaya de Batna.....	45
2-1-Les eaux souterraines .....	45
2-1-1 Etat des ressources en eaux souterraines dans la wilaya de Batna.....	45
2 -1-2 La mobilisation des eaux souterraines .....	46
2-2 Les eaux de surface dans la wilaya: Barrage de Koudiet Medouar .....	47
2-2- 1-Localisation du barrage de koudiat Medouar .....	48
2-2-2 Objectif du barrage .....	48
2-2-3 Description du barrage .....	48
2-3- Le transfert hydraulique entre les barrages de Beni Haroun (Mila) et de Koudiet Medouar .....	49
3- Les besoins en eau potable .....	50
3-1- Evaluation des besoins en eau .....	50
3-2- Evolution des besoins en eau potable .....	51
3-3- fréquence de distribution .....	52
4- Situation du réseau d'AEP .....	54
4-1- Les ouvrages d'adduction .....	54
4-2- Les ouvrages de stockage (les réservoirs) .....	54
4-3- Situation de réseau de distribution .....	56
4-4- L'état de réseau .....	56
4-5 L'opération de rénovation et de réhabilitation du système d'AEP .....	58
4-6- Projet de renforcement et sécurisation de l'AEP de la ville de Batna .....	59
Conclusion .....	60
<b><u>Chapitre III Maladies liées à l'eau potable dans la wilaya de Batna</u></b>	
Introduction .....	62
1- Généralités sur les maladies hydriques .....	62
1-1 Les maladies provoquées par la présence de micro-organismes dans l'eau de boisson .....	63

# Table des Matières

---

1-2-Problèmes sanitaires en relation avec la constitution des eaux .....	67
2- Les maladies hydriques en Algérie .....	67
2-1- Evolution des épidémies de choléra en Algérie .....	68
2-2- Evolution de la fièvre typhoïde en Algérie .....	69
2-3- Les dysenteries en Algérie .....	70
2-4- L'évolution des hépatites virales en Algérie .....	71
2-5- Les principaux facteurs des M. T. H en Algérie .....	71
2 -6- Le programme national de lutte contre les M T H .....	72
3- Situation épidémiologique au niveau de la wilaya de Batna .....	72
3-1-Evolution des cas de typhoïde dans la wilaya de Batna .....	73
3-2-Evolution des cas d'hépatite virale « A » dans la wilaya de Batna.....	76
4- Les maladies à transmission hydrique dans la ville de Batna .....	77
4-1- Les quartiers touchés par la fièvre typhoïde .....	77
4-2- Les principales mesures prises pour lutter contre les graves épidémies dans la ville .....	79
Conclusion .....	80
<b><u>Chapitre IV Qualité de l'eau potable distribuée dans la wilaya de Batna et les risques associés</u></b>	
Introduction .....	82
1-Qualité physico-chimique de l'eau potable distribuée dans la wilaya de Batna. ....	82
1-1-Qualité chimique des eaux souterraines .....	83
1-2- Interprétation des résultats d'analyses chimiques .....	83
1-3- Interprétation des résultats d'analyses des eaux de surface .....	98
1-3-1-Les paramètres physiques .....	98
1-3-2-Les anions et les cations .....	98
1-3-3- Les substances indicatrices de pollution .....	99
1-3-4-Les substances toxiques .....	100
2-La qualité bactériologique de l'eau .....	100

# Table des Matières

---

2-1 Principales bactéries recherchées dans l'eau .....	101
2-1-1 Les Streptocoques .....	101
2-1-2 Les Staphylocoques .....	101
2-1-3 les coliformes .....	101
2-1-4-Les Salmonelles .....	102
2-2-Les résultats d'analyses bactériologiques de l'eau de boisson dans la wilaya de Batna (2003– 2010) .....	102
2-3-Nombre d'abonnés touchés par la pollution de l'eau de boisson dans la wilaya (2012-2015) .....	105
2-4-La qualité bactériologique des eaux du barrage ( Koudiat Medouar) .....	107
Conclusion .....	109
<u><i>Chapitre 05 : Analyse et modélisation de la vulnérabilité aux maladies à transmission hydrique dans de la ville de Batna</i></u>	
Introduction .....	111
1-La fièvre typhoïde dans la ville de Batna .....	112
2-Méthodologie de travail .....	114
2-1-Identification des facteurs de la vulnérabilité .....	115
2-1-1 L'insuffisance des ressources hydriques .....	115
2-1-2 Une forte poussée démographique .....	115
2-1-3 Une urbanisation anarchique .....	117
2-1-4 Vétusté du réseau .....	117
2-1-5 Nature des matériaux de conduites .....	119
2-2-Estimation de la vulnérabilité aux MTH par l'indice numérique .....	120
2-3- Contribution du SIG à l'évaluation de la vulnérabilité aux MTH .....	122
2-3-1 Utilité des systèmes d'information géographique .....	122
2-3-2 L'utilisation d'un SIG dans l'élaboration des cartes de vulnérabilité .....	122
3- Résultats et discussion .....	123
3-1 Les cartes de vulnérabilité (cartes de synthèse) .....	123

# Table des Matières

---

3-2 Discussion : fiabilité et validité de la méthode .....	123
3-2-1 validité de l'approche par les secteurs touchés par la typhoïde .....	123
3-2-2 validité de l'approche en se basant sur le nombre de cas de pollution enregistrés dans la ville .....	126
Conclusion .....	128
<b><u>Chapitre 06 : Apport des SIG dans la spatialisation des cross- connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement dans la ville Barika</u></b>	
Introduction .....	130
1-Présentation de la ville .....	130
1-1-Le relief .....	130
1-2 Caractéristiques climatiques .....	130
1-3- La Population .....	132
1-4- L'habitat .....	132
2-Situation du système de l'alimentation en eau potable .....	134
3-Les maladies à transmission hydrique dans la ville de Barika .....	137
4- Les facteurs favorisant les M T H dans certains centres urbains au niveau de la wilaya .....	137
5-Qualité bactériologique de l'eau potable distribuée dans la ville de Barika .....	138
6- Apport des SIG dans la spatialisation des cross- connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement dans la ville de Barika .....	140
6-1 La répartition spatiale des cross-connexions entre le réseau d'AEP et le réseau.....	140
6-2- Utilisation de l'outil Hot Spot analysis (Getis-Ord Gi*) pour rechercher les causes d'agrégation des cross connexions.....	143
6-3- Evaluation de la vulnérabilité à la contamination par indice numérique couplé à un SIG .....	144
7- Résultats et discussion .....	147
8- Validité de la méthode .....	147
Conclusion .....	149

# Table des Matières

---

## **Chapre 07 : Recommandations pour une gestion durable de l'eau**

<b>Introduction .....</b>	<b>151</b>
<b>1-La Lutte contre la pollution des eaux souterraines .....</b>	<b>152</b>
<b>2-Contrôle et surveillance de la qualité des eaux superficielles .....</b>	<b>152</b>
<b>3-Les moyens de lutte contre les MTH .....</b>	<b>154</b>
<b>3-1-Prévention, contrôle et surveillance de la qualité de l'eau .....</b>	<b>154</b>
<b>3-1-1-La désinfection de l'eau .....</b>	<b>154</b>
<b>3-1-2-Les méthodes et contrôle de la désinfection de l'eau.....</b>	<b>155</b>
<b>3-2-Autres moyens de lutte contre les maladies à transmission hydrique (MTH)</b> <b>.....</b>	<b>155</b>
<b>3-2-1-Promotion de l'hygiène, salubrité publique et l'amélioration du</b> <b>système d'AEP .....</b>	<b>155</b>
<b>3-2-2-Collaboration intersectorielle .....</b>	<b>156</b>
<b>4-Utilité des SIG dans la gestion des réseaux d'eau et leur entretien .....</b>	<b>157</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>158</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>161</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>164</b>
<b>Annexes</b>	

# Introduction générale

## *Introduction générale*

---

### **Introduction générale :**

Eau source de vie, mais aussi d'avenir et de guerre, dans un monde qui voit doubler sa population et multiplier ses risques de pollution en tous genres (Eliane Gleize 2011). Pour son bien être l'homme a appris à maîtriser l'eau, mais en même temps il l'a rend impropre et polluée et devient dans ce cas une menace pour la vie et un obstacle pour la santé et les progrès des populations. De manière générale la santé de l'homme est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. Actuellement on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission. Pour pouvoir l'utiliser, elle doit répondre à certaines caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui dépendent de type d'utilisation (Bouziani.M 2000).

La situation en matière de pathologies induites par la consommation d'eau est extrêmement contrastée selon les pays. En effet la transmission de maladies infectieuses par la voie hydrique a été maîtrisée dans la plupart des pays industrialisés par la mise en place d'installations de traitement et d'un contrôle sanitaire s'appuyant sur une réglementation abondante. À l'opposé la situation des pays en voie de développement reste souvent très mauvaise dans ce domaine (P. Payment et al 1998). Il existe un lien direct entre les modes d'accès à l'eau potable et toutes sortes de maladies dans les pays en voie de développement. (Abdoulaye. A 2017).

En Algérie depuis l'indépendance la tendance évolution des maladies à déclaration obligatoire montre la prédominance des maladies liées à l'hygiène du milieu en général et des maladies à transmission hydrique en particulier. En effet, les maladies à transmission hydrique (le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries, hépatite virale « A »..) sont en terme de morbidité les premières maladies à déclaration obligatoire notifiées au ministère de la santé. Ce sont des maladies des réseaux parce que la majorité des cas sont dues à des cross-connexions entre réseau d'AEP et assainissement. La contamination microbienne des grands réseaux urbains est susceptible de provoquer des flambées de grande ampleur de maladies véhiculées par l'eau. Il est donc prioritaire de garantir la qualité de l'eau distribuée par ces réseaux. (OMS 2004).

A cet effet l'objectif de notre travail est d'aborder cette problématique en se basant sur l'évaluation de la vulnérabilité aux maladies à transmission hydrique dans la wilaya de Batna qui a connu l'éclosion de multiples foyers des maladies à transmission hydrique, cette wilaya

## *Introduction générale*

---

est considérée comme une zone à haut risque parce qu'elle enregistre un nombre élevé de cas de maladies à transmission hydriques notamment la fièvre typhoïde. En Algérie la situation épidémiologique de la fièvre typhoïde a montré que la Wilaya de Batna a été un foyer endémique, le pic le plus élevé a été enregistré en 2004 avec 157 cas dans la ville de Batna. Cette importante épidémie à Batna-Ville représente 40,18% du taux national. L'éclosion des épidémies est liée à l'infiltration des eaux usées dans l'eau potable (Cross-connexions au niveau des réseaux d'AEP et d'assainissement) due notamment à la vétusté des réseaux et aux branchements illicites liés à une urbanisation rapide et anarchique non maîtrisable. L'analyse et la localisation des maladies dans l'espace, leur répartition spatiale et la recherche des facteurs de vulnérabilité (relation entre environnement et santé) imposent aujourd'hui l'utilisation de méthodes et de moyens performants pour la gestion de l'information géographique.

Le SIG, par ses performances techniques, ses fonctions graphiques et cartographiques et ses fonctions de stockage et d'analyse des données, semble être la meilleure solution pour la bonne gestion des réseaux d'eau potable et leur entretien (Ayari.K et al 2015). C'est dans cette vision que s'intègre notre travail de recherche qui a pour objectif principal de spatialiser et évaluer le niveau de risque et mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité au risque des MTH dans le temps et l'espace. Les applications fondées sur les SIG et les méthodes d'analyse spatiale se multiplient en épidémiologie et en géographie de la santé. Ceci est le résultat de la prise de conscience de l'intérêt de mieux cibler les populations et les espaces à risques en santé publique (Charlotte .R 2006).

Dans cette étude nous nous basons sur une méthode d'évaluation de la vulnérabilité par indice numérique couplée avec un Système d'Information Géographique (SIG). Plusieurs méthodes ont été développées pour l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution, Parmi ces approches, la méthode DRASTIC la plus utilisée à travers le monde et qui a été identifiée comme l'une des méthodes de vulnérabilité intrinsèque à la pollution des ressources en eau souterraine. Concernant notre étude la mise en œuvre de base de données géo référencées associée à un SIG et l'évaluation de la vulnérabilité par indice numérique nous ont permis la spatialisation du niveau du risque. Cette méthode peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable avec une prise de considération de cinq paramètres (Age des réseaux, matériau des conduites, densité démographique, forme urbaine et fréquence de la distribution de l'eau potable).

Notre choix d'étude a porté sur les deux villes Batna et Barika qui ont connu l'éclosion de multiples foyers des maladies à transmission hydrique, ces deux villes sont considérées

## *Introduction générale*

---

comme des zones à haut risque au niveau de la wilaya parce qu'elles enregistrent chaque année un nombre élevé des cas de pollution.

Afin d'appréhender cette problématique il est indispensable de répondre aux questions suivantes :

- L'eau qui arrive au robinet de consommateur est-elle de bonne qualité ?
- Quelles sont les facteurs et les causes réelles de la vulnérabilité au risque des MTH?
- Comment caractériser la vulnérabilité d'un réseau ?
- Où les zones à risque sont-elles concentrées ?
- Comment peut-on exploiter les SIG pour contribuer à une gestion durable de l'eau potable?

### **Plan de travail :**

Pour réaliser les objectifs de notre étude et pour mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité au risque des MTH dans le temps et l'espace dans la wilaya de Batna nous avons organisé notre travail en sept chapitres.

- **Chapitre I :** dans le but de permettre une meilleure appréciation des problèmes posés par l'eau potable, il nous a semblé très utile de présenter le cadre naturel et socio-économique de la wilaya de Batna.
- **Chapitre II :** Cette partie est consacrée à la gestion de l'eau potable, les ressources en eau potable (eaux souterraines, eaux superficielles), et la situation du réseau d'AEP dans la wilaya de Batna.
- **Chapitre III :** Aborde les différentes maladies liées à l'eau potable et les divers facteurs favorisant ces maladies en Algérie et particulièrement dans la wilaya de Batna.
- **Chapitre IV :** Représente l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable et les risques associés dans la wilaya de Batna. La mise en œuvre de base de données géo-référencées associée à un SIG nous a permis la réalisation de plusieurs cartes thématiques relatives aux distributions spatiales de ces paramètres.
- **Chapitre V :** Le but de ce chapitre est de mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité au risque des MTH dans le temps et l'espace dans la ville de Batna confrontée au problème de qualité de l'eau potable de point de vue microbiologique. Dans ce chapitre nous nous basons sur une méthode d'évaluation

## *Introduction générale*

---

de la vulnérabilité par indice numérique couplée avec un Système d'Information Géographique. Dans le SIG chaque paramètre est notée sur une couche en lui affectant une valeur numérique correspondant à son poids, c'est-à-dire son influence sur la vulnérabilité de l'eau à la contamination. Ensuite ces cartes sont superposées sur une couche résultat ou sera calculé l'indice de vulnérabilité.

- **Chapitre VI :** Un SIG est mis en place, dans ce chapitre, il s'agit d'appliquer les SIG pour localiser les sites des cross-connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement et de délimiter les zones à forte et faible vulnérabilité à la contamination de l'eau distribuée dans la ville de Barika. L'approche a été réalisée à l'aide de l'Arc GIS.
- **Chapitre VII :** Représente les recommandations et les solutions appropriées pour maintenir la qualité de l'eau pour les générations actuelles et futures.
- En conclusion générale, une synthèse du travail réalisé.

# CHAPITRE I

**Le cadre naturel et  
Socio-économique de  
la wilaya  
de Batna**

**Introduction :**

Ce chapitre consiste à analyser et à évaluer la situation du milieu physique et identifier ses différentes composantes (Topographie, Climat, Hydrologie, Hydrogéologie et Géologie ...), ainsi que la situation socio-économique de la wilaya afin de comprendre son état d'équilibre, pour mieux cerner la situation actuelle de la wilaya de Batna, et déterminer les besoins relatifs à notre étude.

**1-Aspect physique et situation géographique de la wilaya de Batna :**

Il est certain que les conditions de vie et de développement d'une collectivité humaine subissent des influences de la part du milieu naturel dans lequel vit cette collectivité (Pierre George 1950).

**1-1-Situation géographique :**

La wilaya de Batna est localisée dans la partie orientale de l'Algérie (Nord Est du pays) entre les " 4° et 7° " de longitude Est et les " 35° et 36° " de latitude Nord.

D'une Superficie de 12.038,76 km<sup>2</sup>, le territoire de la wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans un ensemble physique constitué par la jonction des Atlas Tellien au Nord et Saharien au Sud, et c'est ce qui fait la particularité physique principale de la wilaya, et détermine de ce fait les caractères du climat, et les conditions de vie humaine.

Elle est limitée :

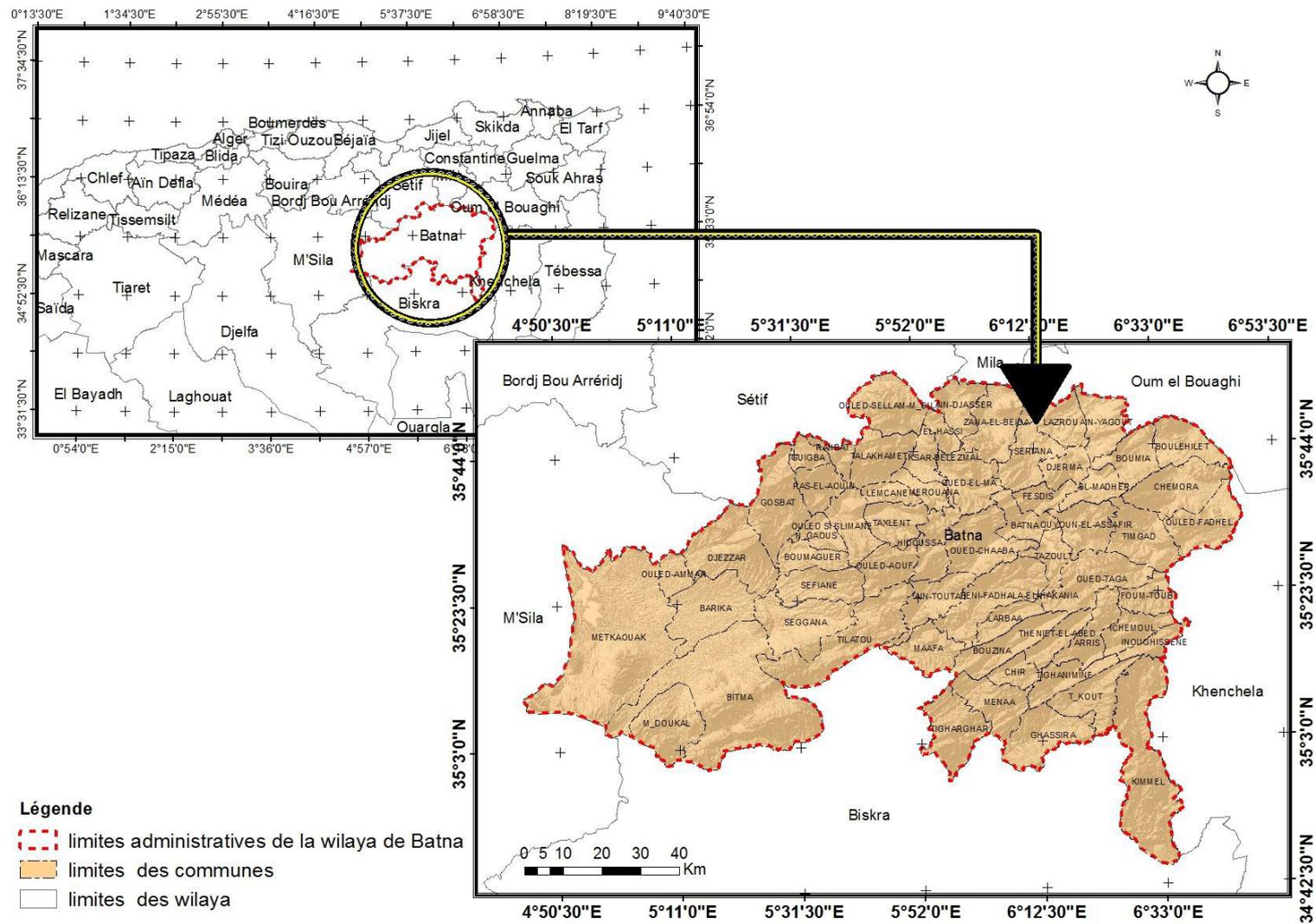
au Nord : par les wilaya d'Oum El Bouaghi, Mila et de Sétif.

- à l'Est : par la wilaya de Khenchela.
- au Sud : par la wilaya de Biskra.
- et à l'Ouest : par la wilaya de M'sila (voir carte N° 1).

La wilaya de Batna a une position géographique stratégique, située aux portes des villes du Sud du pays et non éloignée des villes métropoles du nord. Sur le plan administratif, et après les découpages successifs de 1974, 1984, et 1990, La wilaya de Batna compte aujourd'hui 21 daïras et 61 communes (Tableau.1).

Carte N° 01

La situation de la wilaya de Batna



**Tableau. 1 :** Les communes de la wilaya de Batna

DAIRAS	COMMUNES
BATNA	Batna – Oued Chaaba - Fesdis
TAZOULT	Tazoult- OyouneLaassafer
EL MAADHER	El Maadher – Boumia – Ain Yagout - Djerma
ARRIS	Arris - Tighanimine
THENIET EL ABED	Théniet El Abed – Chir – OuedTaga
MEROUANA	Merouana – Hidoussa – Oued El Ma – K’SarBellezma
BARIKA	Barika – Bitam – M’Doukel
AIN TOUTA	Ain Touta – Beni Fedhala – Maafa – OuledAouf
N’GAOUS	N’Gaous – Boumagueur - Sefiane
SERIANA	Seriana – Lazrou – Zana El Beidha
RAS EL AYOUNE	Ras El Ayoune – Gosbat – Guigba – Rahbat – Talkhemt-OuledSellam
T’KOUT	T’Kout – Ghassira - Kimel
BOUZINA	Bouzina - Larbaa
ICHEMOUL	Ichemoul – FoumToub - Inoughissen
MENAA	Menaa - Tigharghar
CHEMORA	Chemora - Boulhilet
AIN DJASSER	Ain Djessar – El Hassi
El DJEZZAR	El Djezzar – Ouled Amar – AzilAbdekader
OULED SI SLIMANE	Ouled Si Slimane – Taxlent - Lemcen
SEGGANA	Seggana - Tilatou
TIMGAD	Timgad – OuledFadhel

**1-2-Relief :**

Le relief est l’ensemble des irrégularités du sol qui se mesurent par rapport au niveau de la mer, c’est ce qui donne les caractéristiques de la surface de la Terre.

La wilaya de Batna s’inscrit presque entièrement, dans un ensemble physique constitué par la jonction des Atlas Tellien au Nord et Saharien au Sud. Elle présente ainsi, une structure physique très hétérogène, pratiquement composée de (03) régions naturels distinctes (Monographies de Batna 2013 ,2014).

**1-2-1-Les hautes plaines telliennes**

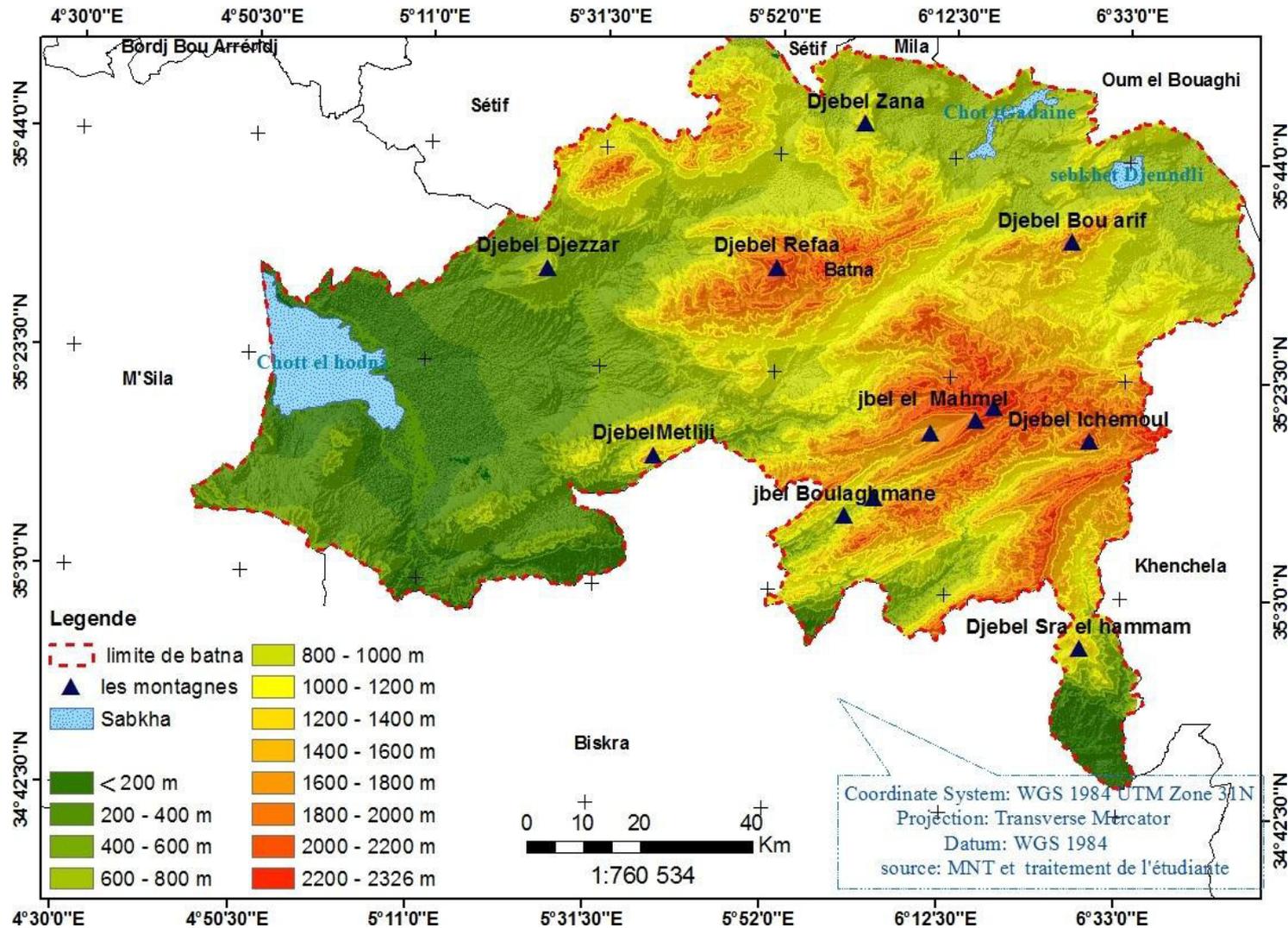
Au Nord nous distinguons le domaine des hautes plaines telliennes qui matérialisent la limite Nord de la wilaya, particulièrement avec la série des petits“ chotts ” tels que : Chott Beida, chott Taricht, Sebkhet Ezzemoul etc. Cette zone occupe une surface de (2934km<sup>2</sup>) avec un taux de 24 %.

Dans cette partie de la wilaya les altitudes varient de 800 à 1000 m (Carte N°2) et les pentes excèdent rarement 3 %.

D’une manière générale, ces hautes plaines sont composées de vastes glacis plus ou moins encroûtés. Dans cet ensemble physique se localisent les communes suivantes :

Carte N° 02

Carte hypsométrique



Batna, Ain Djasser, Ras El Ayoun, OuledSellam, Chemora, Boumia, Ain Yagout, Djerma, Boulhilet, OuledFadhel, Tazoult, Ouyoun El Assafir, Timgad, Seriana, Zana El Beida, Merouana, El Hassi, Lazrou, Ksar Bellezma et Lemsane.

### **1-2-2-les reliefs montagneux ou “ la jonction des deux atlas ”**

La jonction de l’Atlas Tellien par l’ensemble des monts du Hodna, du Bou Taleb, et les Monts de Belezma, et l’Atlas Saharien par les Aurès le Dj. Metlili et les Monts du Zab, forment “ l’ossature physique ” principale de la wilaya et de cet fait constituent l’ensemble physique le plus important. Elle représente un taux de 45 % et une surface de 5340 km<sup>2</sup>.

Les altitudes varient de 700 m (la plus basse altitude localisée dans cet ensemble est située au Dj. Rebaa sur le versant Nord des Monts du Zab) à 2326 m au Dj. Chelia (considéré comme le plus haut point de la wilaya et même de l’Algérie du Nord).

En effet c’est de cette partie des massifs de l’Atlas Tellien et Saharien que prennent naissance les cours d’eau les plus importants de la Wilaya. (Oued Abdi, Oued El Hai ...etc.).A l’intérieur de ces massifs se localisent des bassins tels que celui de Ain Touta entouré par les Djebels Ich Ali (1815 m) Echeffa, (Mont de Belezma), Djebel Metlili (1496 m), Djebel Bous (1789 m) et le Ras-Gueddelane (2010m).Ce bassin se trouve à une altitude moyenne de 900 m (910 m) à Ain Touta). C’est un synclinal donnant accès par un couloir naturel au “ bassin ” de la ville de Batna et “ coule ” également vers le Sud (vers El Kantara) en empruntant la vallée d’Oued El Ma.

Par ailleurs il faut signaler l’existence de vallées importantes notamment celle de Oued Labioud (qui prend naissance dans le Dj. Chelia), celle de Oued abdi (qui prend naissance dans le Dj. Mahmel2321m).

A l’ouest les Djebels BouZokma (946 m) Ammar (923m) Sambana, Chegaig et Fozna (754m) (constituant la “ retombée Nord ” des Monts du Zab) terminent faiblement les hauts reliefs des deux Atlas.

La faiblesse des altitudes de ces reliefs ceinturant au Sud les hautes plaines steppiques du Hodna, est considérée comme un des facteurs permettant la pénétration de l’influence du bioclimat Saharien dans la région des hauts plateaux en recouvrant tout le chott du Hodna.

Nous pouvons distinguer d’une manière générale deux zones de montagnes très différentes les unes des autres :

a) Les Montagnes de l’Atlas Tellien : (Le Bou Taleb, Dj. Foughal, Dj. Mestaoua, Dj Guetiane et les Monts du Belezma).

b) Les montagnes de l’Atlas Saharien où l’on peut distinguer trois sous zones différentes :

- Les montagnes Subhumides (Dj. Chelia - Dj. Mahmel) ;

- Les montagnes semi-arides et arides (le reste des Aurès, Dj. Metlili ...etc.) ;
- Les montagnes Sahariennes (le versant Sud des Aurès et les Dj. du versant Nord des Monts du Zab).

Les communes faisant partie de l'ensemble physique montagneux (les deux Atlas) sont : Arris, Taxlent, Larbaa, Theniet El Abed, Nouader, Menaa, Tigharghar, T'kout, Ghassira, Inoughissene, Ichemoul, FoumToub, Tighanimine, Beni Fedhala, Maafa, Kimmel, Tilatou, Ain Touta, Oued Châaba, Hidoussa, Oued El Ma, OuledAouf, Guigba, El Madher et Oued Taga.(Monographie de la wilaya 2014).

### **1-2-3-Les hautes plaines steppiques:**

Situées dans la partie Ouest de la wilaya de Batna, elles se trouvent encadrées au Nord par les Monts du Hodna, à l'Est par les monts du Bellezma et le Dj. Metlili et au Sud par le versant Nord des Monts du Zab constitué par les Djebels Ammar, Mekmizane et Bouzokma. Cette partie représente un taux de 31% et une surface de (3.764Km<sup>2</sup>).

Cette région peut être scindée en 3 zones :

- La zone des glacis immédiatement en contrebas des reliefs montagneux
- La plaine du Hodna (délimitée grossièrement par la courbe de niveau 500 m).
- La zone du chott.

#### **1-2-3 -1-Les Glacis :**

Ce sont des surfaces presque planes de pente assez faible (carte N°03) reliant les Dj. Bou Taleb et Guetiane à la plaine du Hodna.

Ce type de relief s'observe également le long de l'Oued Barika jusque dans la plaine de Merouana qui est elle même un type de glacis ; et le long de "l'ouverture" intra montagneuse de l'Oued Mazouz et de Ain Touta jusqu'à la ville de Batna et même au-delà (zones de Ain Djasser, Timgad, Touffana ...etc.).

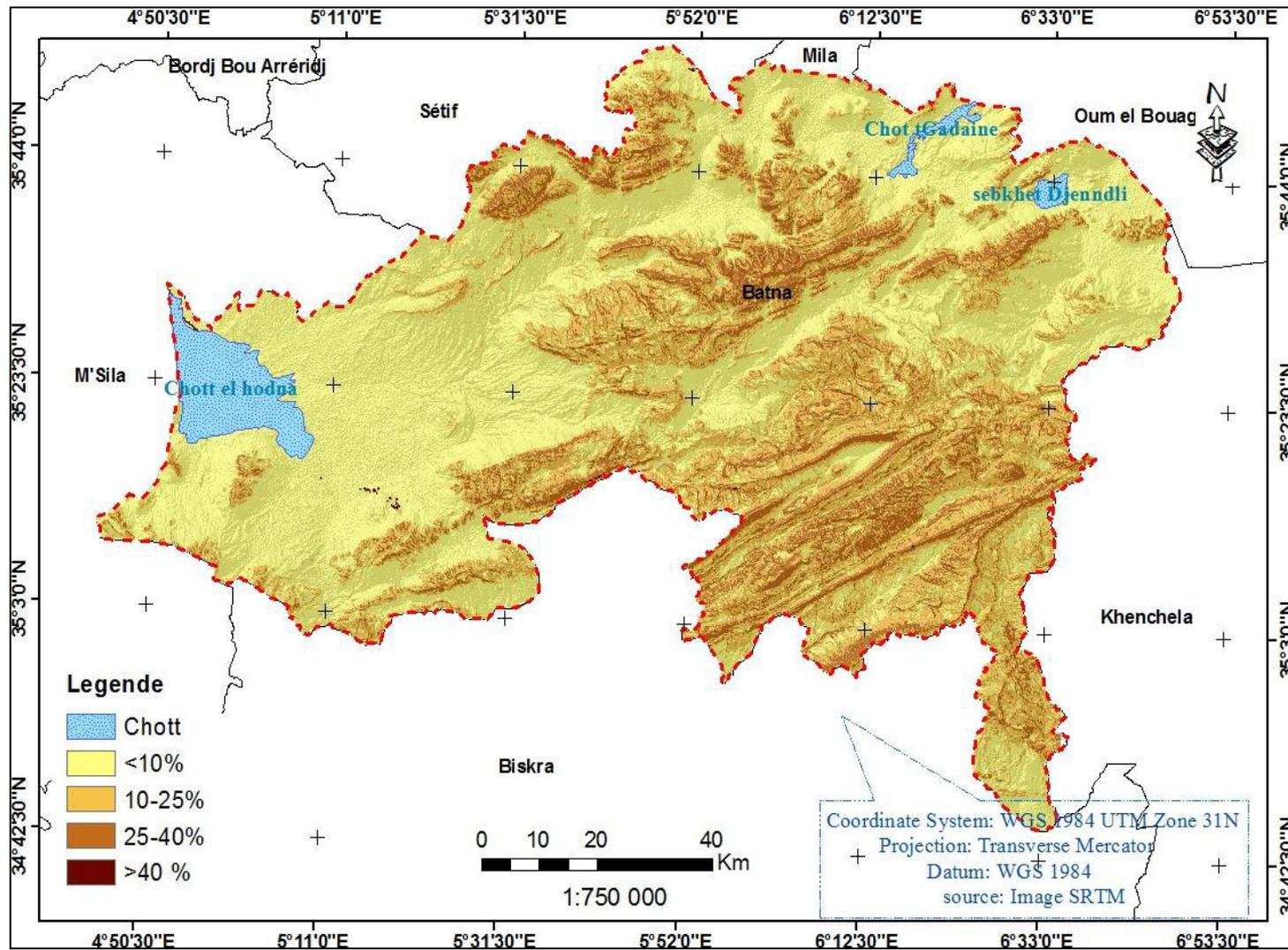
Les cours d'eau de cette zone sont intermittents et se jettent tous dans le chott du Hodna (considéré comme le niveau plus bas de cette zone et même de toute la région). Ces glacis portent les communes de N'gaous, Djezzar, BarikaSefiane, Boumagueur et Gosbat.

#### **1-2-3-2- La Plaine du Hodna :**

Elle se localise entre la zone des glacis et le chott du Hodna, l'altitude moyenne de cette plaine est inférieure à 500 m. Elle porte au Sud immédiat du chott et au Nord-Est de l'agglomération de M'doukal une série de champs dunaires.

Carte N°03

Carte des pentes



**1-2-3-3-Le Chott El Hodna :**

C'est le niveau le plus bas de la région des hautes plaines steppiques voire même de toute la wilaya de Batna. L'altitude est de 390 en moyenne.

**1- 3-Hydrologie de surface:**

L'ensemble de la wilaya de Batna est réparti sur trois grands bassins versants, selon la répartition faite par l'ANRH.

- Le Bassin du Constantinois situé au Nord et Nord Est, qui s'étend sur une superficie de 4037 km<sup>2</sup> dans le territoire de la wilaya.
- Le Bassin versant du Hodna situé à l'Ouest, qui s'étend dans les limites de la wilaya sur une surface de 4 394 km<sup>2</sup>.
- Le Bassin des Aurès Nememcha, qui occupe la partie Sud et Sud Est de la wilaya sur une superficie de 5 611 km<sup>2</sup>. A cet effet, l'analyse des potentialités en eau de surface est donc effectuée selon ces 3 grandes régions hydrographiques de la wilaya.

Pour la région Nord et Nord Est de la wilaya, elle est caractérisée par la présence d'une série de Sebkh et Chotts qui marquent toute une série de cuvettes au passage vers les hauts plateaux Constantinois.

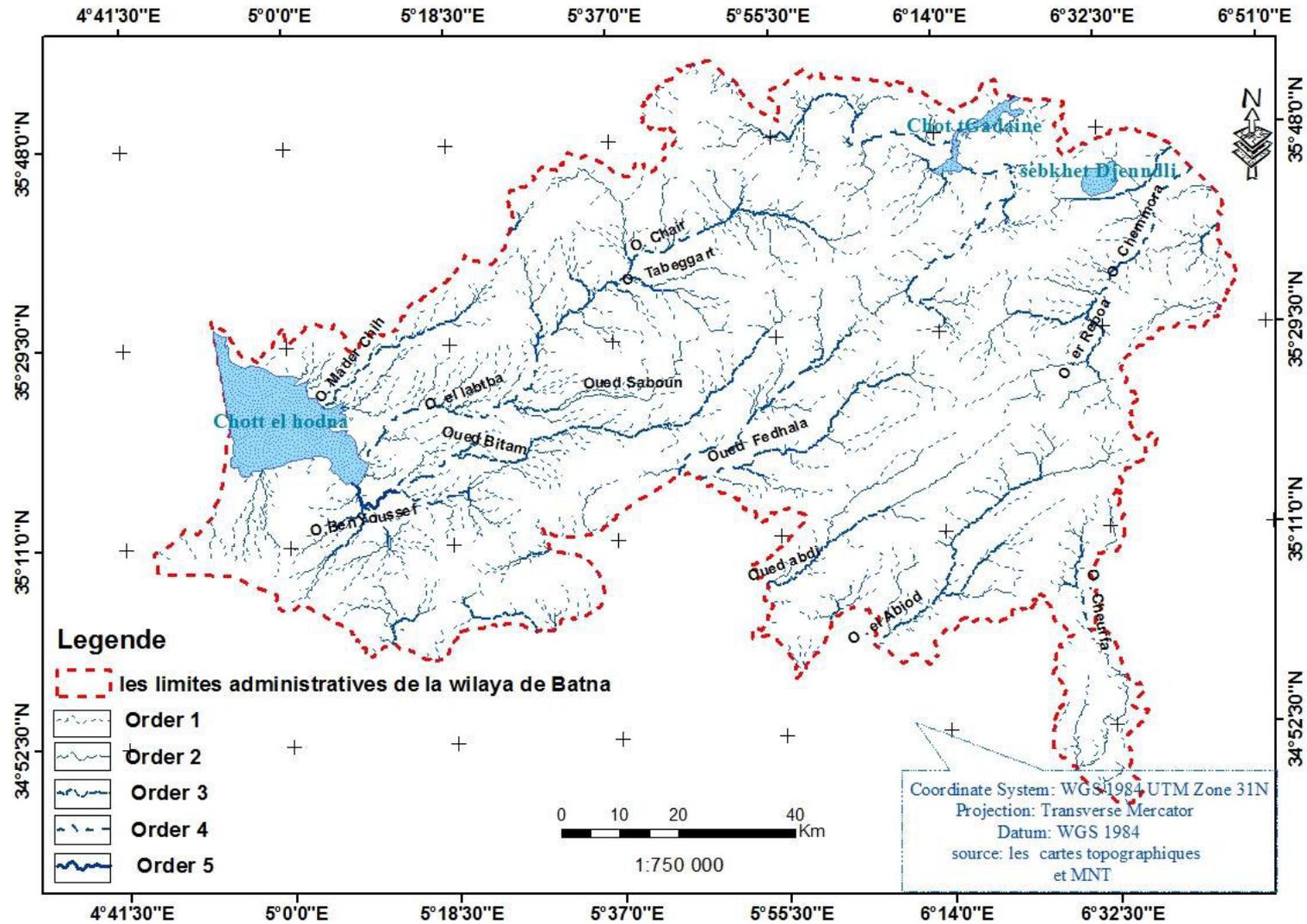
Les cours d'eau qui se dirigent vers le Nord sont d'Ouest et Est, l'Oued- Fesdis, Oued Chemora, Boulfreis et Oued Geiss, tous ces Oueds prennent leur origine dans les versants septentrionales des massifs des Aurès et de Belezma.

La partie Ouest de la wilaya est caractérisée par la présence du Chott El Hodna, point d'arrivée de certains Oueds qui se dirigent vers le Sud Ouest, en particulier l'Oued de Barika et celui de Bitam. Cependant, le réseau hydrographique qui intéresse les versants des régions du Chott El Hodna et des hauts plateaux Constantinois est presque, totalement compris dans les limites de la wilaya, et les eaux de surface drainées par le réseau hydrographique des ces deux bassins versants, ne peuvent être utilisées que dans la wilaya de Batna, ou le cas échéant se perdent dans les Chotts. Pour les autres cours d'eau qui s'écoulent en direction du Sud et toujours à partir du massif des Aurès, ils ont leurs exutoires dans le Chott Melrhir en dehors des limites de la wilaya; et sont, en procédant d'Ouest en Est; l'Oued el Haï, Oued Labioud, Oued Abdi et Oued Arab (carte N° 4).

Les écoulements qui se produisent dans cette partie, alimentent les zones productives en aval (Piémonts Sud des Aurès, Wilaya de Biskra). Tout le réseau hydrographique est étroitement lié aux précipitations ainsi qu'il est surmonté par une atmosphère à très fort pouvoir évaporant.

Carte N° 04

Réseau hydrographique dans la wilaya de Batna



De tous ces Oueds, un seul semble être pérenne, l'Oued Chemora qui, sur la partie haute de son cours s'appelle Oued Taga ou Reboa, cela est dû au moins à la pluviométrie qui est pratiquement la même que celle des autres bassins, qu'à la présence, à l'origine du cours d'eau d'un certain nombre de sources qui l'alimentent (Monographie de la wilaya de Batna2014).

#### **1-4- Hydrogéologie :**

L'évaluation des ressources hydrogéologiques de la wilaya, faite appel à la reconnaissance géologique du terrain, pour cela, une description géolithologique et stratigraphique est nécessaire, dans le but de mettre en valeur les différentes séries de l'édifice structural.

##### **1-4-1-Description et importance des faciès :**

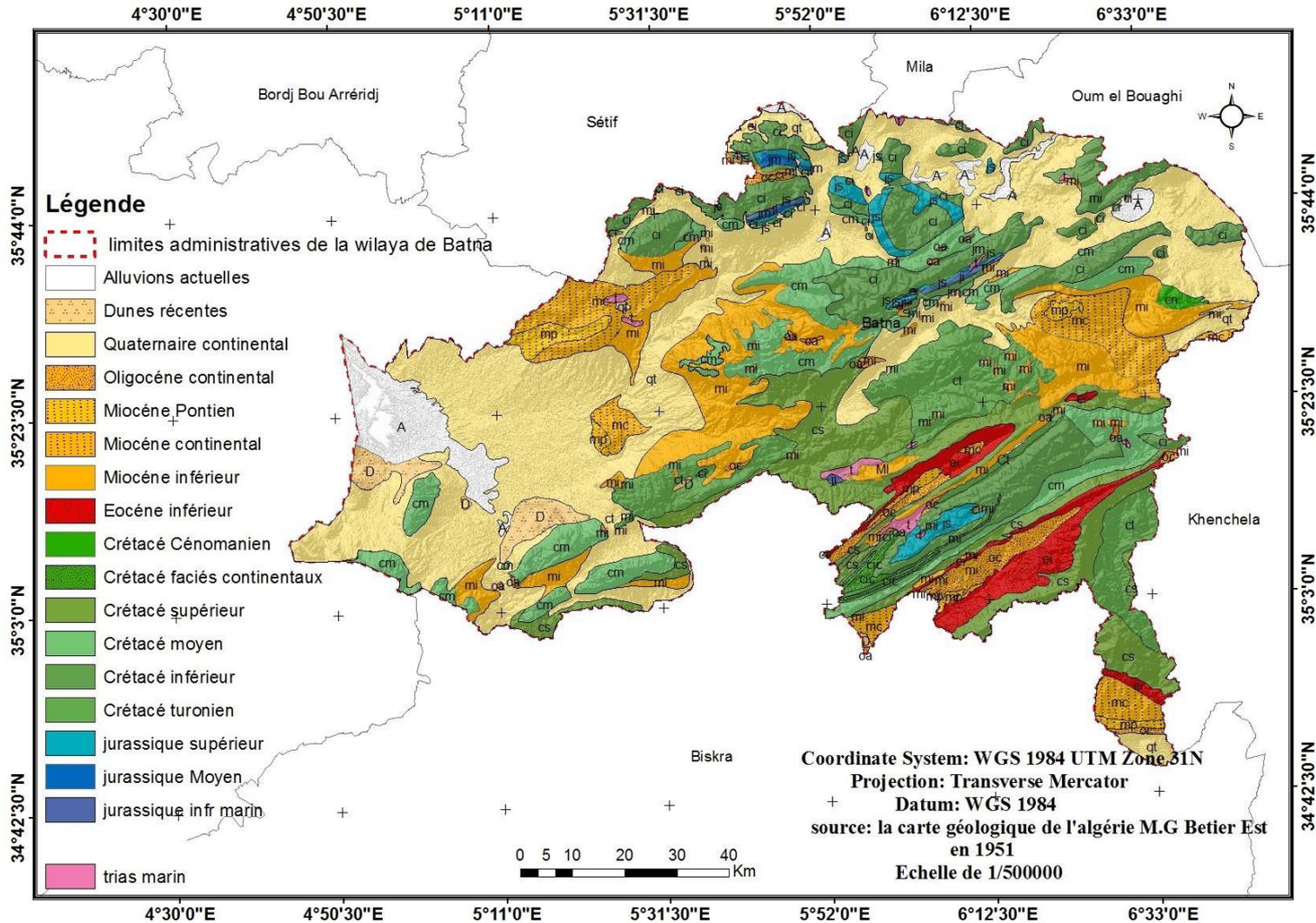
La Carte géologique au 1/500000 de l'Algérie du Nord, montre une gamme très variée de faciès, cependant, nous avons repéré à travers le territoire de la wilaya de Batna une grande variété de structures géologiques, allant du tertiaire inférieur jusqu'au quaternaire récent (voir carte N°5) qui entrent en totalité ou partiellement dans les limites régionales présentant des caractéristiques hydrogéologiques très variables.

- **Le trias:** Affleure en petits noyaux, particulièrement à Menaa, Maafa au Sud Est de Batna, ainsi qu'au Nord Ouest de Médina et en petites tâches dans le Djebel Mellah.
- **Le jurassique:** Affleure particulièrement dans le Djebel Lazreg, dans la partie Sud Est des Monts de Belezma, et enfin dans la partie orientale des Monts du Hodna.
- **Le crétacé:** Représente la nappe la plus étendue sur tout le territoire avec ses différents étages, inférieur, moyen et supérieur. Ce sont des formations généralement marines, d'une lithologie très variable (roche dure comme le calcaire, tendre comme les marnes) due à de fréquentes variations de faciès (Metlili, Zellatou, Chèlia, Sud de Batna).
- **L'éocène:** Variable selon les caractéristiques du faciès, et il est marin ou continental. Vu sa composition lithostructurale. L'érosion s'est installée efficacement; toutefois sa
- présence est très limitée et se localise par conséquent sur les synclinaux de Bouzina et Ghassira.
- **Le miocène inférieur :** Il représente la couverture originale des séries précédentes et il est transgressait à la suite des mouvements épirogéniques successifs.

D'autres mouvements tectoniques régionaux bouleversent toutes les régions à la fin du tertiaire, donnant la naissance à de grands glissements structuraux, qui ont permis

Carte N° 05

Carte géologique de la région de Batna



L'accumulation d'énormes dépôts continentaux du pliocène et du quaternaire dans les cuvettes, bassins et les dépressions.

#### **1-4-2 -Lithologie et Perméabilité des terrains**

Dans la wilaya de Batna, il s'agit d'unités physiques très diversifiées, formées aussi par des terrains très variés du point de vue faciès. Ces terrains sont en totalité ou partiellement carbonatés, à perméabilité très élevée par fissuration et une circulation hydrique moyennement importante selon l'importance des apports atmosphériques et en fonction desquels, la nappe subit des fluctuations plus ou moins importantes. Associé à ces formations carbonatées perméables, des terrains alluvionnaires ou sédimentaires anciens peu ou pas perméables.

- **Les formations du trias:**

Essentiellement marneuses, contenant du gypse et des argiles, ainsi que des niveaux de dolomie avec de petites masses de roches vertes. Le trias est généralement diapérique et imperméable.

- **Les formations jurassiques :**

Localisées surtout dans les monts des Aurès, mais elles affleurent exclusivement dans le Djebel Lazreg représentées par une série de formations, marnes, calcaires marneux et calcaire; la perméabilité dans l'ensemble varié de moyenne à basse (Carte N° 6) Elles affleurent aussi dans la partie Nord Est des Monts de Belezma, formées par une série d'alternances de bancs de calcaires, dolomies marnes, calcaires et marnes argileuses, perméabilité basse à très faible.

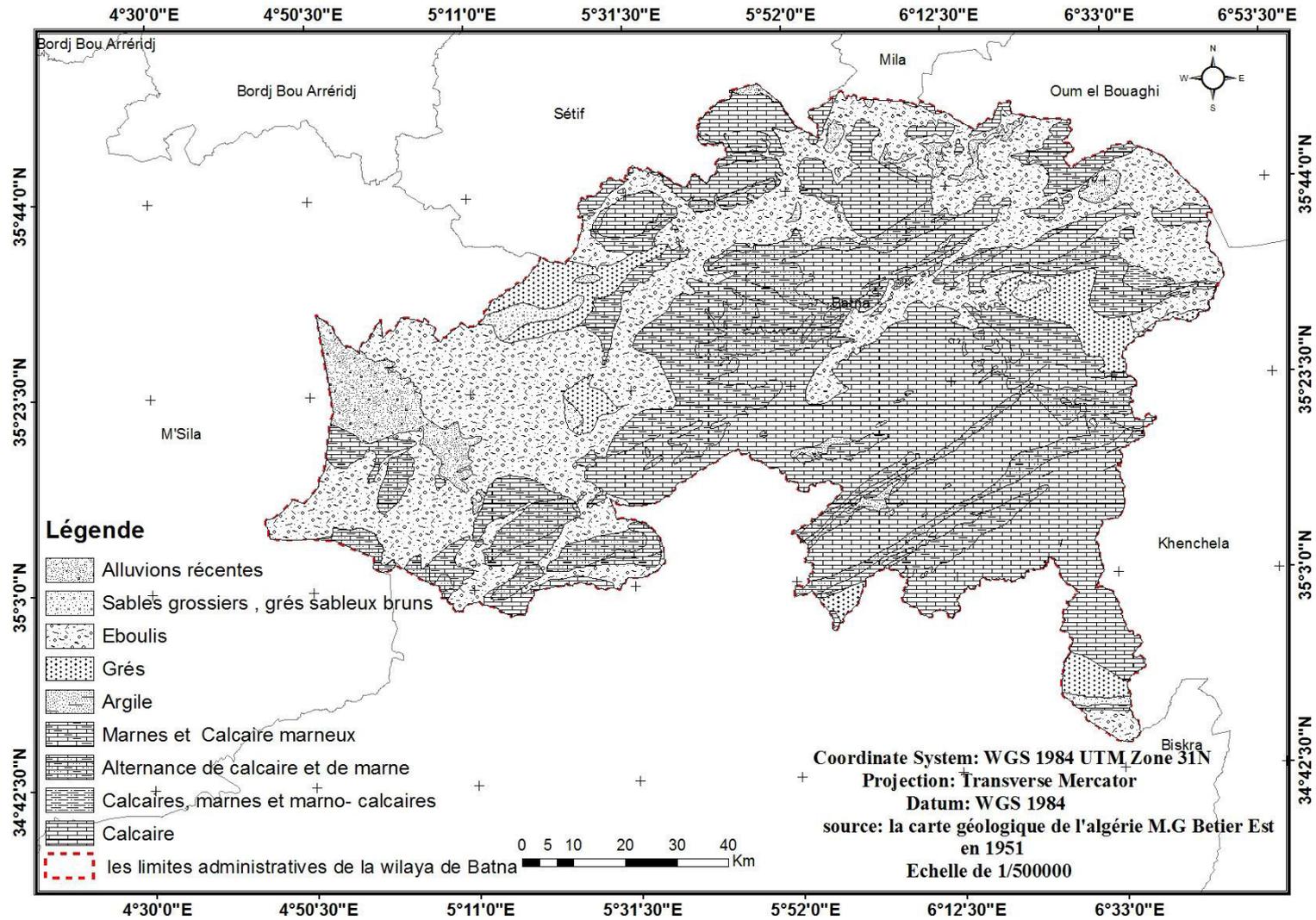
Au Nord de Belezma, dans les extrémités orientales des monts de Hodna, elles apparaissent sous forme de tâches massives, séparées par des traits de failles avec des épaisseurs considérables et une perméabilité très élevée par fissuration.

- **Le crétacé:** Intéresse de vastes zones dans la wilaya, et c'est la formation géologique la plus répandue des autres formations affleurantes, avec tous ses étages géologiques à savoir, l'inférieur, moyen et supérieur.

**Le Crétacé inférieur :** Il affleure dans le Djebel Lazreg, Djebel Metlili, les monts de Bellezma et de Djebel Bouarif, limites orientales des Monts du Hodna, les formations principales sont, des calcaires ou des calcaires dolomitiques; auxquelles sont associés des marnes et des argiles. L'épaisseur des divers affleurements est généralement importante avec une perméabilité très élevée et ponctuellement moyenne (Monographies 2013 et 2014 de la wilaya de Batna).

Carte N°06

Carte lithologique de la région de Batna



- ❖ **Le Crétacé moyen:** S'étendant sur de vastes superficies notamment, sur le Djebel Bellezma, Metlili, Ich Ali caractérisé par des niveaux à prédominance calcaire et intercalations marneuses. Les épaisseurs sont très importantes, avec une bonne perméabilité, surtout par fissuration, à l'exception des flancs de l'anticlinal du Chèlia et dans la région du Djebel , ou la fraction marneuse est prédominante et il est donc à considérer comme très faiblement perméable.
- ❖ **Le Crétacé supérieur:** Dans cet étage de crétacé, nous pouvons distinguer deux formations, l'une inférieure à prédominance argilo-marneuse, et l'autre supérieure carbonatée. Pour l'inférieure, localisée au Sud et à l'Est de Ain Touta, elle est représentée par de puissantes couches d'argile et marnes feuilletées à épaisseur considérable avec une perméabilité nulle.

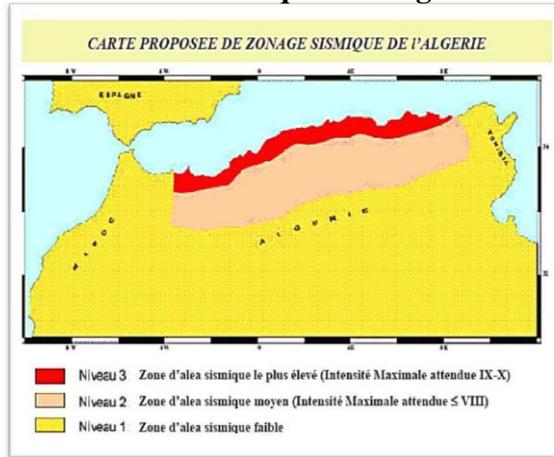
En ce qui concerne la formation supérieure, elle affleure dans les Aurès; particulièrement, les Djebels Mahmel, Zellatou, Ahmar Khadou, avec un passage progressif d'un faciès plus carbonaté à un faciès plus marneux du Nord vers le Sud. Epaisseurs variables et perméabilité variant de bonne à excellente dans les formations carbonatées.

- **Eo-Oligocène:** Les affleurements limités au massif des Aurès, notamment dans Bouzina et Ghassira (synclinaux), représentés par des formations marnes calcaires intercalées, avec une variation de faciès de bas en haut, (du marin au continental) épaisseur faible, et perméabilité moyennement basse.
- **Le miocène:** Localisé presque sur tous les terrains, l'affleurement plus important est celui de Timgad avec une série prédominante argileuse à intercalations de bancs de calcaire à épaisseur parfois importantes, il est aussi localisé au Nord-Ouest des Monts de Bellezma ainsi que sur les Monts du Hodna. Ces formations sont considérées comme imperméables.
- ❖ **Le plio-Quaternaire:** Localisé essentiellement dans les bassins et cuvettes dont les plus importantes sont celles de Timgad, Hodna et les Chotts au Nord-Est de la wilaya. Les formations plioquaternaires sont très variables, et pouvant atteindre des épaisseurs considérables. La perméabilité est donc très variable, (moyenne à nulle) alors, que la nappe est généralement alimentée latéralement par filtration à partir des reliefs environnants. (Voir annexe 1).

**1-5 -Sismicité**

La carte de zonage sismique du territoire Algérien élaboré par le CRAAG montre que notre région d'étude est située à la Zone I (figure.1).

**Figure. 1 : classification des zones sismiques en Algérie.**



L'étude de la sismicité historique de l'Algérie mentionne la wilaya de Batna comme ayant subi par le passé des séismes. Ces indications sur les séismes actifs dans la région doivent être prises en considération, car nous sommes en présence de zones montagneuses où les effets des séismes peuvent avoir des conséquences désastreuses (PAW de Batna 2008). Par conséquent, il faut en tenir compte dans les plans d'aménagement et surtout les projets de constructions.

**1-6-Climatologie :**

Le climat correspond aux conditions météorologiques moyennes (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des vents, etc.)

Les paramètres climatiques ont été recueillis au près de la station météorologique de Ain S'khouna (Batna) dont les coordonnées géographiques latitude 35°45'N et longitude 06°19'E pour une altitude de 827m.

**1-6-1-Les précipitations :**

Nous englobons sous le terme de « précipitations » toutes les eaux qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide que sous forme solide « neige et grêle ». La ressource en eau est liée aux précipitations, on la trouve sous la forme de ressource souterraine par l'infiltration, ressource superficielle par le ruissellement.

Les précipitations jouent le rôle principal dans l'alimentation des cours d'eau et les nappes souterraines. L'absence de cette ressource ou sa raréfaction influence négativement la vie et le développement (Kouakou Hervé et al 2017).

**1-6-1-1-Les précipitations dans la région de Batna :**

Les précipitations varient d'une station à une autre (tableau.02) à cause de plusieurs paramètres, l'altitude, l'exposition, les vents dominants humides.

Tableau .02 : Coordonnées géographiques des stations pluviométriques

Stations	Coordonnées géographiques(WGS84)			Période d'observation
	longitude	latitude	altitude	
<b>Merouana</b>	5°54'45"	35°38'28"	1000	1989-2014
<b>N'gaous</b>	5°35'40"	35°33'19"	750	1989-2014
<b>Timgad</b>	6°29'49"	35°31'31"	1000	1989-2014
<b>Arris</b>	6°20'35"	35°16'43"	1260	1989-2014
<b>Batna</b>	6°10'48"	35°33'52"	1040	1989-2014
<b>Ain djasser</b>	5°59'30"	35°50'5"	865	1989-2014
<b>Ainskhouna</b>	6°19'14"	35°45'39"	827	1989-2014
<b>Mena</b>	6°00'20"	35°10'38"	983	1989-2014

De l'analyse du tableau ci-dessous, il ressort que la répartition des précipitations n'est pas régulière. Les mois les plus pluvieux dans la majorité des stations sont septembre et avril, tandis que le mois enregistrant le plus faible taux de précipitations est le mois de juillet dans toutes les stations.

Tableau.03:Précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude (1989-2014)

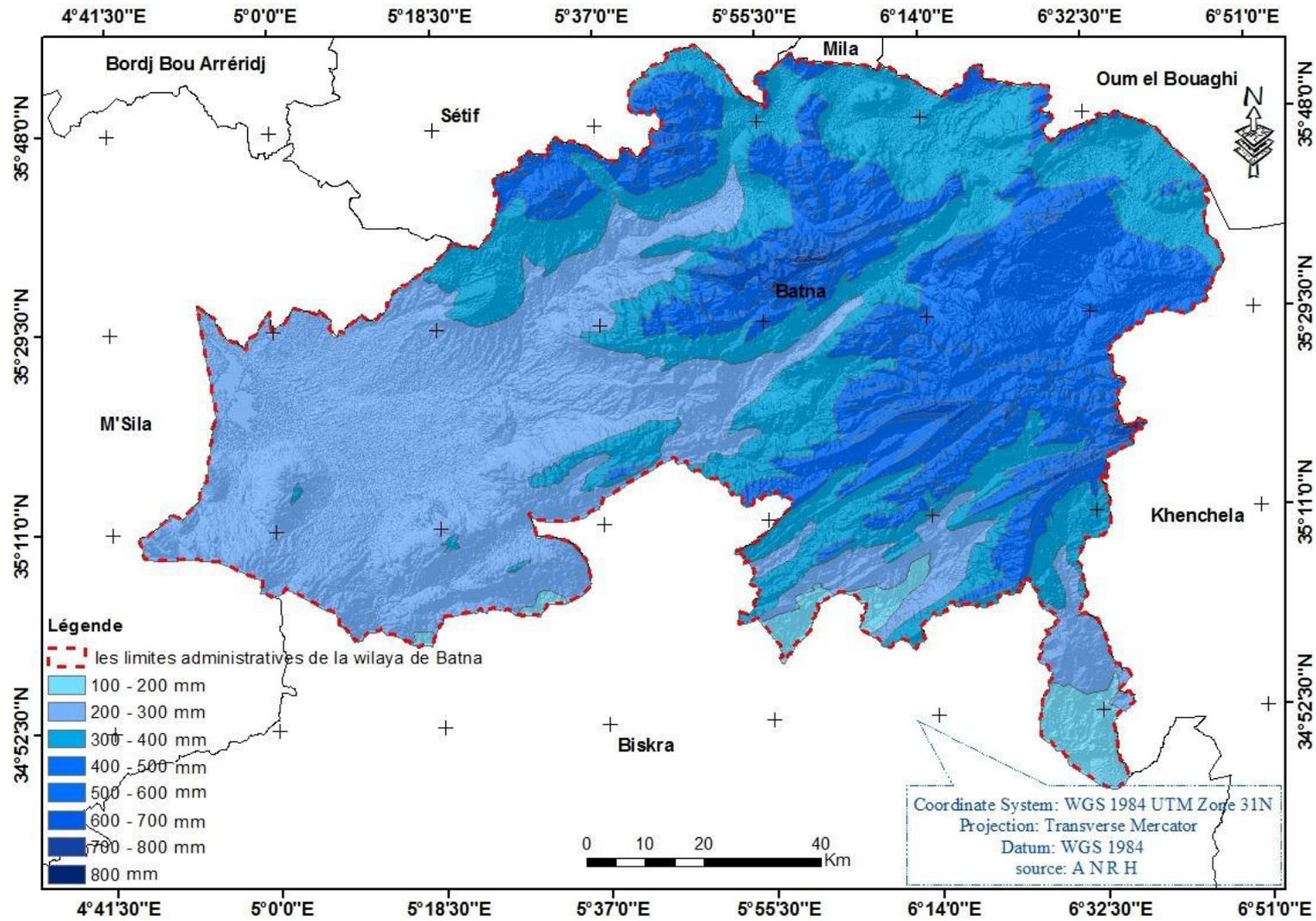
Station	Ain Djasser	Batna	Merouana	N'gaous	Timgad	Mena	Ain Skhouna	Arris
<b>Sept</b>	32,23	77,34	35,78	39,73	31,96	34,17	42,13	56,01
<b>Oct</b>	22,95	30,92	32,70	31,27	18,21	27,2	28,93	42,45
<b>Nov</b>	23,46	32,20	29,10	20,81	22,72	14,7	55,74	52,34
<b>Dec</b>	29,03	35,20	39,93	25,69	23,94	29,58	38,45	46,95
<b>Janv</b>	30,83	38,74	35,38	26,06	29,07	21,54	58,23	58,46
<b>Fév.</b>	22,91	26,07	27,11	14,76	19,27	22,05	34,61	34,61
<b>Mars</b>	29,30	40,64	41,85	24,09	28,65	29,71	7,36	60,44
<b>Avril</b>	37,75	45,18	41,82	35,39	32,7	24,64	22,41	44,48
<b>Mai</b>	39,19	43,65	45,79	30,02	39,56	23,33	41,20	55,83
<b>Juin</b>	14,07	20,85	18,80	10,33	10,06	16,49	29,44	28,75
<b>Juil</b>	7,54	10,59	6,80	3,80	10,12	5,05	26,55	16,18
<b>Aout</b>	11,00	13,76	12,84	7,61	17,28	10,45	41,08	35,12

(Station météorologique Batna, 2014).

La répartition spatiale de la pluviométrie moyenne annuelle varie selon les paramètres locaux caractéristiques de chaque région, dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. En généralles zones les plus arrosés sont les plus élevés (carte N°07).

Carte N°07

Répartition spatiale des précipitations dans la région de Batna



D’après le tableau ci-dessous on remarque que les précipitations moyennes interannuelles des 8 stations pendant les 24 ans sont caractérisées par l’irrégularité ou la station d’Arris marque la quantité la plus importante avec 523.96mm.

**Tableau. 04:** Précipitations moyennes annuelles dans la région d’étude (1989-2014).

station	Ain Djasser	Batna	Medina	Merouana	N'gaous	Timgad	Arris	Menaa
<b>Moyenne annuelle (mm)</b>	292,35	286,16	458,52	175,20	263,06	283,24	523,96	263,9

(Station météorologique Batna, 2014).

**1-6--1 -2 Les variations annuelles (station météorologique d’Ain S’ khouna)**

D’après la série pluviométrique d’Ain Skhouna (1989- 2012), on a remarqué une variation de précipitations d’une année à une autre (tableau ci-dessous)

**Tableau 05 :** La répartition annuelle des précipitations dans la station d’Ain Skhouna (1989-2012)

<b>Année</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
<b>P (mm)</b>	234	437,3	300,3	445,1	188	215,5	283,4	393,2
<b>Année</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
<b>P (mm)</b>	379	269,4	308,5	292,8	224,1	287	503	596,8
<b>Année</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>P (mm)</b>	252	351,4	293,8	348,4	349,8	280,6	462	217,3

- ✓ La moyenne annuelle de la série est de : 329.64 (mm)
- ✓ la précipitation maximale est observée durant l’année 2004 par une valeur de 596.8 (mm)
- ✓ la précipitation minimale est observée durant l’année 1993 par une valeur de 188 (mm)

**1-6-1-3-Les variations saisonnières Station d’Ain Skhouna(1988-2010)**

**Tableau. 06 :** La répartition saisonnière des précipitations. Station d’Ain Skhouna (1988-2010)

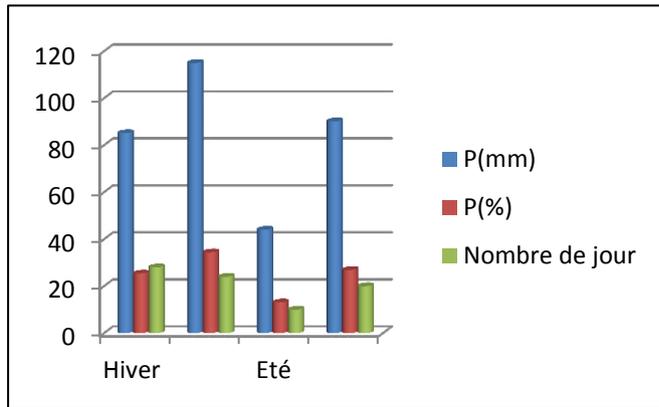
Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
P (mm)	85.1	115.1	44.06	90.19
P(%)	25.4	34.4	13.1	26.9
Nombre de jours	28	24	10	20

D’après le diagramme de la répartition pluviométrique saisonnière, on remarque que : La saison la plus pluvieuse est le printemps avec 115,1 mm soit 34,4%. Le nombre de jours moyen est de 24 jours. Par contre, la saison sèche est l’été avec 44 mm soit 13,1%, avec un nombre de jour moyen de 10 jours.

La répartition des précipitations n’est pas régulière pendant toutes les saisons et même le

nombre de jours moyen varie de chaque saison à l'autre. Généralement dans les régions semi-arides, les précipitations tombent sous forme d'averses ; une dizaine de mm dans quelques heures.

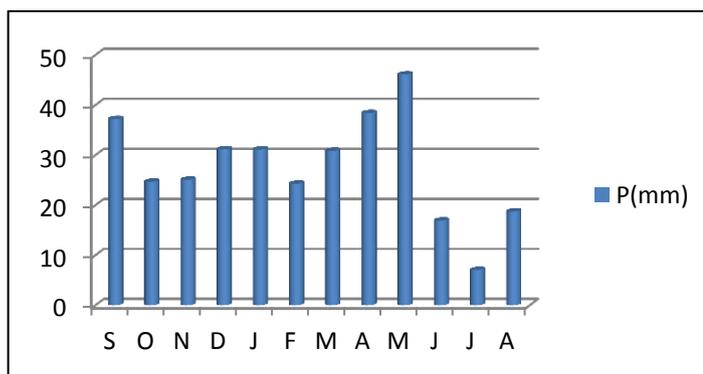
**Figure .02 :** Répartition saisonnière des précipitations. Station d'Ain Skhouna (1988-2010)



**1-6-1-4-Les variations mensuelles dans la station d'Ain S'Khouna.**

Les valeurs des précipitations moyennes et mensuelles sont présentées dans la figure suivante :

**Figure.0 3:** Répartition des pluies mensuelles en mm dans la station d'Ain S'Khouna (1989-2012).



Les Précipitations connaissent de grandes fluctuations d'un mois à l'autre et d'une année à une autre. Généralement, la région connaît une plus grande concentration des Précipitations au cours des périodes printanières (Mars, Avril, Mai) et automnales (Septembre, Octobre et Novembre) et présentent un maximum au mois de Mai avec 47,7mm de pluie .L'hiver est moins pluvieux avec 31,9mm au mois de décembre.

**1-6-2- La température :**

La température est un facteur important dans l'évapotranspiration ainsi elle détermine le climat de la région.

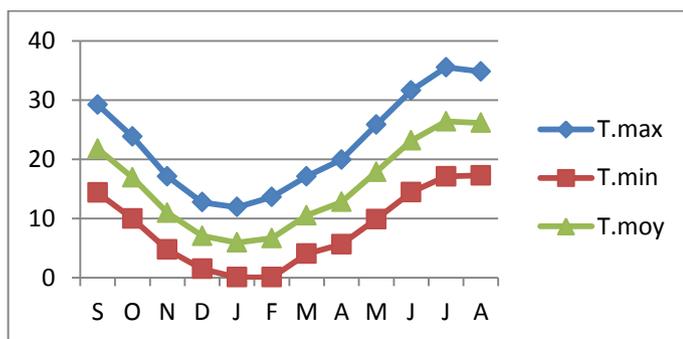
La température élevée favorise la présence et la multiplication de germes pathogènes dans les milieux aquatiques (pollution).

Nous avons basé dans cette étude sur les températures moyennes mensuelles de la station d'Ain S'Khouna mesurées entre 2003 et 2014 qui sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau. 07 : La variation des températures moyennes mensuelles (en°C).

Mois	J	F	M	A	M	J	JUI	A	S	O	N	D
T min	0,05	0,64	3,86	6,31	9,23	14,18	17,63	17,27	14,19	10,28	4,77	1,16
T Max	12,34	12,94	17,03	20,72	25,78	31,95	36,56	35,59	29,46	24,83	17,4	12,63
T Moy (M+m/2)	6,30	6,79	10,445	13,515	17,505	23,065	27,095	26,43	21,82	17,55	11,08	6,89

Figure 04: Températures moyennes, minimales, maximales dans la station d’Ain S’Khouna (2003-2014).



La lecture de la figure 04 illustre que les températures moyennes mensuelles de la station d’Ain S’Khouna ( Batna) montrent l’existence d’un hiver froid très vigoureux comportant une moyenne des minimas (le mois le plus froid) de 0,27°C en janvier et un été chaud durant la saison estivale une moyenne des maximas (le mois le plus chaud) de 36,5°C en juillet.

Pour obtenir des données de certaines stations dans notre zone d’étude (Tableau .8) nous avons extrapolé les résultats obtenus à la station d’Ain Skhouna (aéroport) comme suit :

La différence d’altitude entre la station d’étude et celle de la station météorologique Ain Skhouna(Aéroport)

❖ La température maximale de la zone d’étude (T Max) :

$(T \text{ max}) = \text{température maximale de la station d’aéroport} ((\text{l’altitude de la zone d’étude} - \text{l’altitude de la station (aéroport)} \times 0,7)) / 100.$

❖ La température minimale de la zone d’étude (T min) :

$(T \text{ min}) = \text{température minimale de la station d’aéroport} ((\text{l’altitude de la zone d’étude} - \text{l’altitude de la station (aéroport)} \times 0,45) / 100.$

Tableau. 08 : Données mensuelles moyennes des températures moyennes en °C de certaines stations dans la région d’étude calculé par extrapolation sur la période 2003-2014

Station	Aéroport	Arris	Batna	Merouana	N'gaous	Timgad	AinDjasser
Janvier	5,78	3,65	4,92	10,98	6,58	4,92	5,92
Février	6,39	4,10	5,37	11,46	7,04	5,37	6,38
Mars	10,20	7,80	9,07	16,02	10,73	9,07	10,07
Avril	13,69	11,09	12,36	19,49	14,02	12,36	13,36
Mai	17,85	14,97	16,24	24,48	17,91	16,24	17,24
Juin	23,53	20,61	21,87	30,80	23,54	21,87	22,88
Juillet	27,52	24,65	25,92	35,39	27,58	25,92	26,92
Aout	26,53	23,84	25,11	34,24	26,77	25,11	26,11
Sept	21,35	19,08	20,34	27,93	22,01	20,34	21,35
Oct	17,26	14,94	16,21	23,42	17,87	16,21	17,21
Nov	10,56	8,37	9,63	15,90	11,30	9,63	10,64
Dec	6,54	4,39	5,66	11,47	7,32	5,66	6,66

Source : Station météorologique de Batna(2014)

**1-6-3 – Diagramme Ombro- thermique de Gaussen :**

Le diagramme de Gaussen permet de fixer le début et la fin d’une période sèche et humide aux intersections des courbes de valeurs de précipitations et de température en utilisant la Formule suivante :  $P = 2 T$

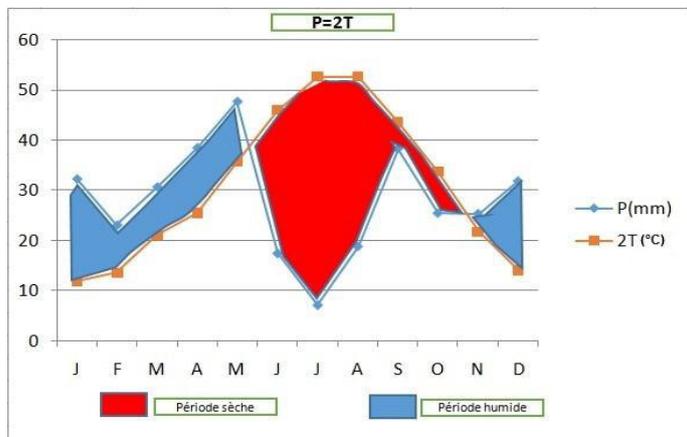
P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

T : Températures moyennes mensuelles (°C).

**Tableau.09 : La relation entre les températures et les précipitations.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O		
P (mm)	32,3	23,1	30,7	38,5	47,7	17,5	7,2	18,9	38,3	25,5	25,4	31,9
2T.moy	11,96	13,64	21,1	25,52	35,64	46,02	52,6	52,6	43,54	33,74	21,82	14,16

**Figure.05 : Diagramme ombro-thermique de Gaussen**



D’après le diagramme d’ombro-thermique obtenu pour la station de Batna en fonction de sa situation géographique, nous avons observé deux différentes périodes :

- La période sèche commence de juin jusqu’au mois d’Août.

- La période humide commence du mois de octobre jusqu'au mois de Mai.

Pendant la période sèche les cours d'eau ne véhiculent en général que les eaux usées vers le milieu naturel, divers polluants contenus dans les eaux usées sont susceptibles de contaminer les eaux notamment les eaux de surface.

#### **1-6- 4- Le quotient pluviométrique d'Emberger :**

Le quotient pluviométrique d'Emberger est un indice utile pour déterminer le type de climat de la région étudiée, le diagramme de l'Emberger qui est un abaque comportant :

- En ordonnées : les valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger **Q** qui est défini par la relation :

$$Q = 1000 P / (M+m)/2 (M-m)$$

**Q** : Désigne le quotient pluvio-thermique d'Emberger.

**P** : La précipitation moyenne annuelle.

**M** : Désigne la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré Kelvin absolu (°k).

**m** : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (°k).

**M-m** : Amplitude thermique.

**(M+m)/2** : Température moyenne.

- En abscisse : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid. Elle permet une classification en sous étage pour dresser un climagramme.

-Les stations de même Q, peuvent être différenciées par les valeurs de m.

-Les températures sont exprimées en degrés kelvin ( $t^{\circ}k = t^{\circ}c + 273.2$ )

**P** = 329.69 mm.

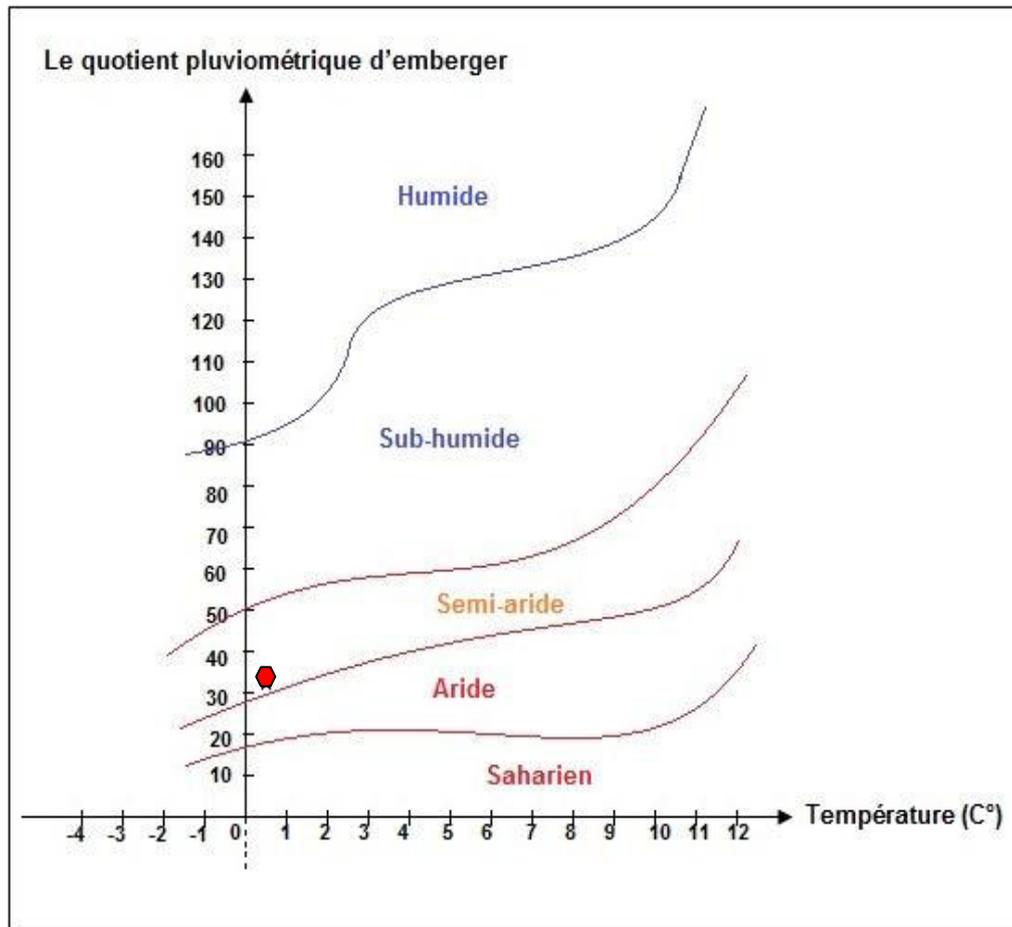
**M** = 36,56 °C = 309,7 °k.

**m** = 0.05 °C = 273.25°k.

**Q**=31.03

Donc la station de Batna se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure.06).

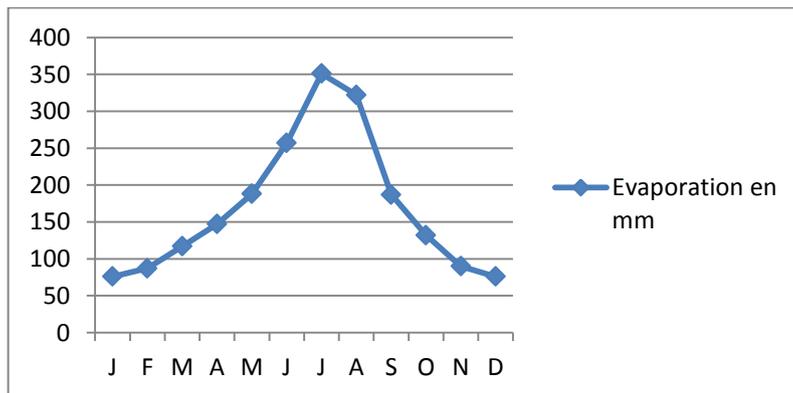
Figure.06 : graphique bioclimatique méthode d'Emberger



1-6-5- L'évaporation :

L'évaporation est la perte en eau subie par la surface d'eau libre et représente la transformation de l'eau en vapeur. Elle est très important surtout quand elle se trouve renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds comme le sirocco.

Figure.07 : Evaporation moyenne mensuelle (Ain Skhouna 1988-2010)



**1-6-6-Les vents:**

Le vent c’est le mouvement de l’air, il se déplace d’une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Il participe beaucoup à l’augmentation de l’évapotranspiration. Les vents dans la région d’étude ont été caractérisés à partir de la station de Batna, parce qu’il n’y a pas une station climatique permettant la mesure du vent. C’est pour cette raison que nous avons utilisé uniquement la station de Batna (Ain Skhouna). A Batna, le vent souffle généralement en direction Nord-est et Sud-ouest. Lesirocco reste le vent qui mérite le plus d’attention en raison de l’action nuisible qu’il peut exercer et comme il augmente et accélère l’évaporation. Il souffle du sud pendant la saison sèche, amenant avec lui sable et poussière.

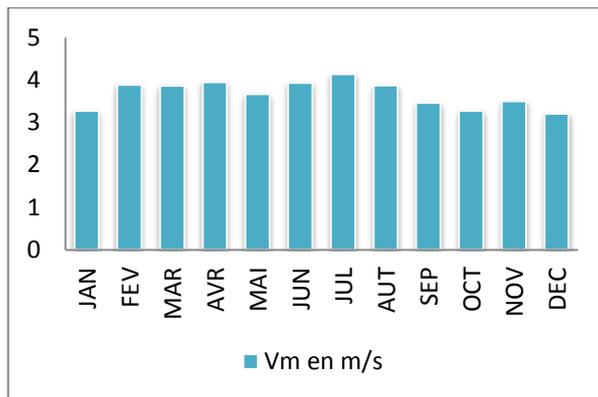
**Tableau .10 :** La vitesse moyenne du vent m/s (2004-2014)

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Ao	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>moyenne</b>	3,27	3,88	3,86	3,94	3,66	3,93	4,13	3,87	3,46	3,27	3,5	3,2

Source : Station météorologique Batna(2014).

La vitesse moyenne des vents la plus élevée durant la période 2004-2014 est de 4,13m/s est enregistrée en juillet.

**Figure. 08 :** vitesse du vent en m/s de la station Ain Skhouna Batna



**1-6-7- La neige**

Les zones des Aurès caractérisent par la présence des neiges ou le nombre de jours de neiges peut atteindre 15 jours/an d’après (Selzer.1946).La neige est fréquente surtout dans les zones montagneuses, il y a une corrélation nette entre l’altitude et l’enneigement. En effet les périodes d’enneigement sont partagées notamment entre les mois les plus froids (décembre, janvier et février).

## 2-Les caractéristiques socio-économiques :

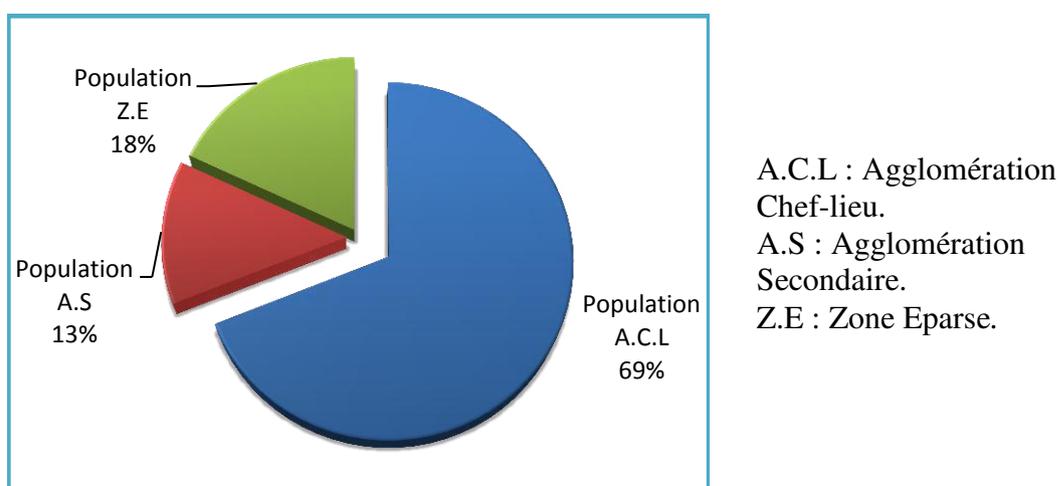
La connaissance approfondie des données socio-économiques est indispensable pour une meilleure compréhension des problèmes et les besoins en habitat, emploi et équipements et surtout les problèmes liés à l'eau du point vue qualitative et quantitative. Les conditions socio-économiques des populations peuvent être perçues à travers d'un certain nombre de facteurs de bien être qui sont entre autres une alimentation suffisante, de l'eau potable, un abri sûr, de bonnes conditions sociales et un milieu environnemental et social apte à maîtriser les maladies infectieuses (S. Yonkeu et al 2003).

### 2-1-Population :

L'étude de l'évolution de la population est indispensable dans chaque étude, et en particulier dans celle liée directement à la société. (Les données de base sur la population ont été recueillies à partir des résultats des recensements).

La population de la wilaya de Batna est estimée à fin 2013 à 1 225 300 habitants répartis à travers les 61 communes que compte son territoire. Cette forte croissance montre que la population de la wilaya a plus que doublé en vingt ans, soit une croissance moyenne annuelle de 2,85 % pour toute la période, alors que celle observée depuis 1998, elle est de 2,12 %, mais reste quand même supérieure à la moyenne nationale (2,09 %). La commune de Batna avec 319 742 hab est de loin la plus peuplée, suivie de la commune de Barika qui compte 116769 Hab. Les Communes de Ain Touta avec 64 809 hab et Merouana avec 41 125 hab, viennent en 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> position. En terme de répartition spatiale 69 % de la population réside dans les agglomérations chefs-Lieux, 13 en agglomérations secondaires et 18% en zone éparses comme l'indique la figure ci-dessous.

**Figure .09 : Répartition la population par dispersion dans la wilaya**



Source : Monographie de la Wilaya de Batna 2013

Ces taux renseignent clairement sur la concentration de la population en milieu urbain. La ville de Batna reste de loin le centre urbain qui souffre le plus de ce poids démographique. La concentration de la population en milieu urbain ne peut pas être sans rapport avec les déséquilibres sur d'autres plans tels la répartition des activités, des équipements, des logements etc.

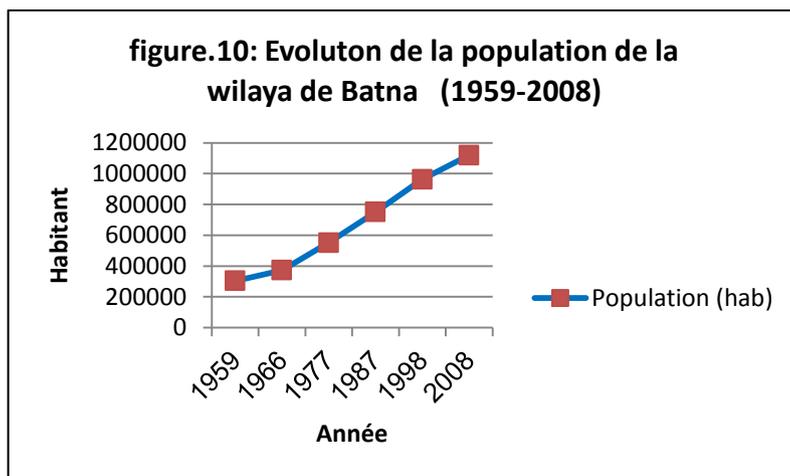
**2-1-1-Évolution de la population de la wilaya de Batna (1959-2008)**

Connue par son dynamisme démographique, la wilaya de Batna a enregistré une remarquable évolution de sa population; en effet, elle est passée de 304055 habitants en 1959 à 752 600 habitants en 1987 pour atteindre 1119791 habitants en 2008 (tableau.11, figure10)

**Tableau11:** Evolution de la population de la wilaya de Batna (1959-2008)

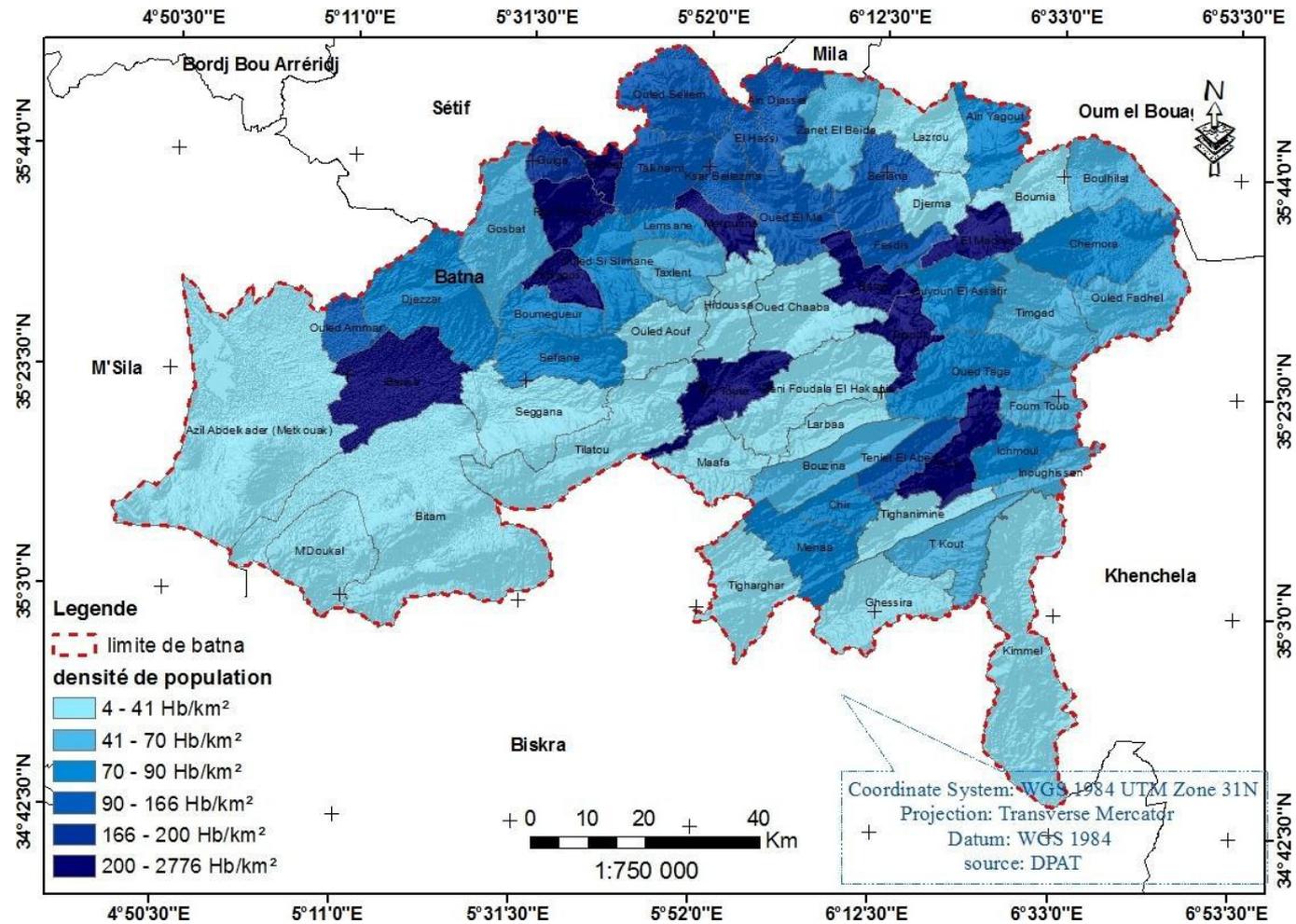
Année	1959	1966	1977	1987	1998	2008
Population (habitants)	304055	373086	5513 500	750723	962401	1 119 791

Source : ONS +Monographies



Dans la wilaya la densité de la population est très inégalement répartie sur les 61 communes que compte le territoire de la wilaya (voir annexe2). La commune de Batna est la plus dense avec 2 747 hab. /Km<sup>2</sup>, suivie des Communes de Barika et Merouana (Carte N° 08). Ces communes ont une densité supérieure à la moyenne de la wilaya estimée à 103hab. /km<sup>2</sup>, par contre on distingue une faible densité dans certains communes .La disparité dans la répartition de la population est due aux facteurs physiques et socioéconomiques de la région. Cette différence explique l'ampleur des problèmes en particulier le problème de

Répartition spatiale de la densité de la population dans la wilaya de Batna



l'alimentation en eau potable qui sera sans doute plus grave dans les zones d'urbanisation anarchique où le taux d'accroissement démographique est plus élevé.

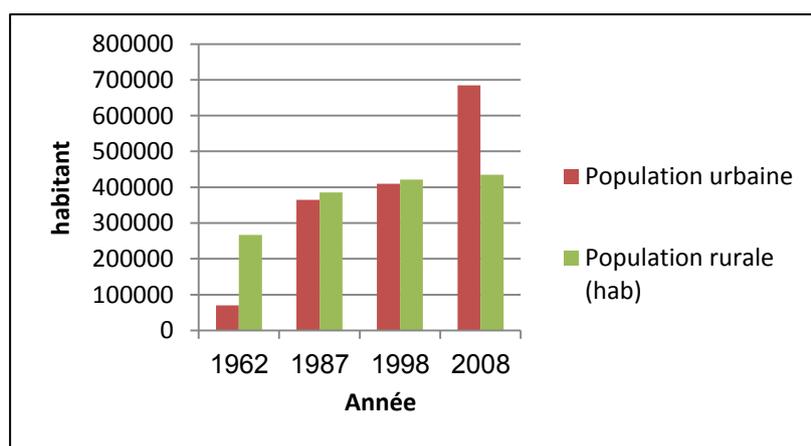
**2 -1--2- Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna :**

L'accroissement démographique a conduit à une extension spectaculaire des villes à travers l'ensemble du territoire national (Ghachi.A 2013). Dans la wilaya de Batna la population rurale connaît une diminution constante depuis l'indépendance du fait de l'accroissement plus rapide que connaît la population urbaine (figure.11). Les différents recensements confirment cette tendance à la baisse de la population rurale : 51 ,37% en 1987, 43,62% en 1998, 38,82 % en 2008. Le tableau ci-dessous illustre d'une manière récapitulative, les évolutions des populations urbaine et rurale obtenus à partir des différents recensements.

**Tableau.12:** Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna (1962 -2008).

Année	Population urbaine (hab)				Population rural (hab)			
	1962	1987	1998	2008	1962	1987	1998	2008
Population	70123	365049	409430	684999	267005	385674	421458	434792

**Figure 11 :** Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna (1962 -2008).



La tendance à l'urbanisation des populations rurales au niveau de villes ou d'agglomérations s'explique par l'effet de plusieurs facteurs parmi lesquels l'amélioration des conditions de vie, la réalisation d'infrastructures et d'équipements publics de base ainsi que le regroupement ces dernières années des populations des zones éparses, pour des raisons de sécurité en Algérie. D'une manière générale, cette urbanisation spectaculaire non maîtrisée, car non contrôlée a engendré de multiples dysfonctionnements qui ont fait que les villes

algériennes évoluent dans une anarchie telle que ni les instruments d'ordre juridique, réglementaire et technique, et ni les actions d'aménagement n'ont pu éliminer (Tahar Baouni .2010).

### **2-2--Emploi :**

L'emploi est un indicateur important dans l'appréciation économique de la région de l'étude, et permet d'évaluer la situation et le niveau de vie de la population.

#### **2-2-1- Répartition de la population active et occupée**

Au 31/12/2013, la population active de la wilaya de Batna est estimée à 348 590 personnes (Base de calcul RGPH 2008). Quant à la population occupée, elle est estimée à 313 034 personnes. Les taux d'activité et d'occupation sont respectivement de 42,2 % et 89,8 %, ces chiffres nous donnent un taux de charge d'un occupé pour 06 personnes, quant au taux de chômage est estimé à 10,2%.

**Tableau .13 :** Répartition de la population active et occupée

Population	1 168 153
Population 15 ans et plus	826 042
Population Active	348 590
Taux d'Activité (%)	42,2
Population Occupée	313 034
Taux d'Occupation (%)	89,8
Population en Chômage	35 556
Taux de Chômage (%)	10.2

#### **2-2-2- Répartition de la population occupée par secteur d'activité :**

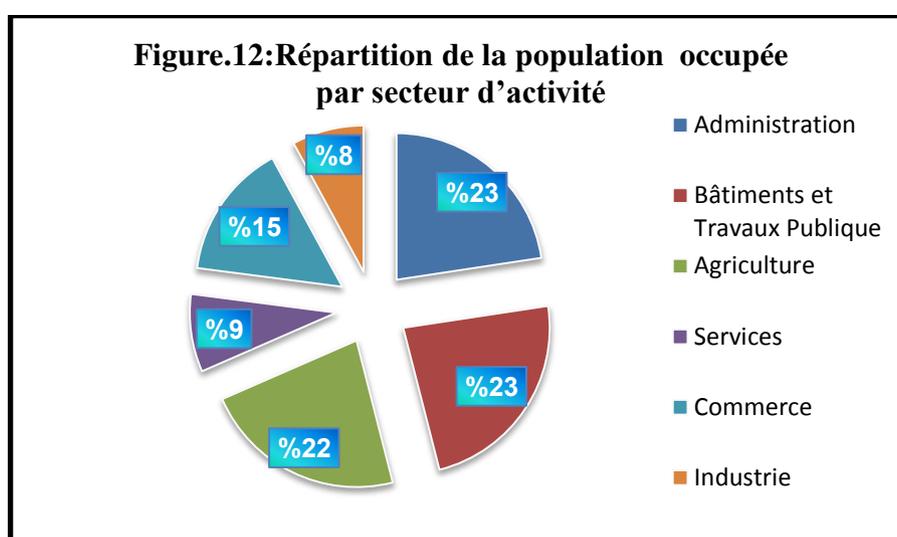
En matière d'activité et d'emploi, il faut relever la prédominance des services (administration, commerce et services) avec 47 % de la population active occupée (figure.12).

La branche BTP vient en deuxième position avec 23 % des emplois et démontre si besoin est, la vitalité de ce secteur notamment ces dernières années avec le lancement de très grands projets d'habitat, d'équipements et de travaux publics.

La faiblesse du secondaire (industrie), d'ailleurs présent seulement au niveau du CLW et de quelques grands chefs lieux de daïras, s'explique par le fait des mutations que connaît ce secteur à l'échelle nationale (stagnation et même disparition du "public" et débuts timides du "privé").

Tableau .14 : Répartition de la population occupée par secteur d'activité

Secteur d'Activité	Population Occupée
Administration	70 777
Bâtiments et Travaux Publics	73 281
Agriculture	70 214
Services	26 921
Commerce	47 018
Industrie	24 824
Total Wilaya	313 034



Source : monographie 2013

Selon, les statistiques économiques (2011), la wilaya de Batna apparaît parmi les 13 wilayas (sur les 48) regroupant environ 50,8% des entités économiques. Cette forte concentration, au niveau de certaines wilayas est le résultat des choix politiques, dans le cadre des options d'aménagement menées dès l'indépendance. Sur le plan régional, c'est la wilaya de Sétif qui contient le plus grand nombre d'entités économiques (47 392) suivie par la wilaya de Batna (30 388) et la wilaya de M'Sila (23 266), qui forment à elles seules près de 43,0% du tissu économique de la région des hauts plateaux (Najet Kasdalla.H 2011).

**2-3-Habitat:**

La croissance démographique dans la wilaya a amplifié la crise de l'habitat .Le développement des quartiers insalubres et le non respect des normes d'urbanisme ont généré de multiples problèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement. En matière de contrôle les infractions enregistrées au titre de l'année 2010 plus de 1109 des travaux sans permis de construire à travers la wilaya de Batna.

**2-3-1-Evolution du parc de logements dans la wilaya de Batna**

L'analyse du tableau ci-dessous montre que le parc de logements, au recensement de 1998 était 180305 logements alors qu'en 2014 le parc se compose de 281226 logements, le taux d'occupation des logements reste élevé.

**Tableau.15** : Evolution du parc de logements dans la wilaya de Batna (1998-2014)

<b>Année</b>	<b>1998</b>	<b>2008</b>	<b>2014</b>
<b>Nombre de logements</b>	180305	224951	281226
<b>Taux d'occupation des logements</b>	7,8	6,7	6

**2-4- Equipements :**

Les équipements constituent un facteur important dans la structure de l'espace, se sont des éléments de la composition urbaine. Les besoins en eau potable de ces équipements varient selon leur qualité, leur nature, certains ont des consommations très élevées. La wilaya de Batna bénéficie d'une concentration d'équipements de nature diverse, fortement représenté par l'équipement éducatif, sanitaire, administratif... Parmi ces équipements on peut distinguer:

**2-4 -1-Education et Formation**

- **Enseignement Primaire :**

En 2013 La wilaya compte 619 établissements totalisant 3 600 salles de classe utilisées pour un effectif global de 117324 élèves.

- **Enseignement moyen :**

La wilaya dispose de 160 établissements. L'ensemble de ces établissements totalisent 2 851 classes utilisées, les effectifs scolarisés sont de l'ordre de 109 189 élèves.

- **Enseignement secondaire :**

La wilaya dispose de 59 établissements d'enseignement secondaire, l'effectif des élèves est de 46 641 et qui totalisent 1256 classes utilisées.

- **Enseignement supérieur**

En matière d'enseignement supérieur, L'université de Batna totalise un effectif global de 50 777 étudiants pour l'année 2014-2015 encadrés par un effectif de 2028 enseignants

- **Formation Professionnelle**

La wilaya de Batna dispose de 19 centres de formation professionnelle avec une capacité de

6 380 places, 01 centre de formation spécialisée et 20 établissements Privés avec une capacité de 1995 places.

#### **2-4-2- Infrastructures sanitaires**

La wilaya compte douze 12 hôpitaux d'une capacité totale de 2338 lits, dix établissements publics de santé de proximité couvrant l'ensemble des communes de la wilaya de Batna, 57 Polycliniques et 221 salles de soins.

#### **2--5- Secteur de l'Industrie**

Dans wilaya de Batna, le secteur industriel s'est développé depuis les années soixante surtout dans le secteur étatique, pour atteindre aujourd'hui un nombre assez important d'unités industrielles dont le secteur privé prend une part considérable. Le développement de l'industrie dans la wilaya de Batna a permis la création de 03 zones industrielles et 07 zones d'activités, qui s'étendent sur des superficies totales respectives de 524 hectares 70 ares et 65 centiares et de 145 hectares 321 ares et 291 centiares. La majorité de ces industries sont de grandes consommatrices d'eau, par conséquent leurs rejets liquides augmentent de plus en plus, quant à la qualité de ces eaux, le moins qu'on puisse dire c'est qu'elle est généralement rejetée à l'état brut avec tous les éléments toxiques qu'elle peut contenir dans les cours d'eau à titre d'exemple Oued El-Gourzi qui draine ainsi toute la charge vers la plaine d'El-Madher sans avoir subi un traitement efficace, ni épuration en absence des petites stations d'épuration au niveau des unités. Ces eaux usées causent des problèmes néfastes notamment la pollution des eaux superficielles et les nappes souterraines.

Parmi les unités industrielles considérées comme polluantes dans la wilaya de Batna on peut distinguer :

- COTITEX** : Complexe Textile.
- **ENIPEC** : Société de Transformation des Peaux Brutes en Cuir.
- **ORELAIT** : Production de Lait et ses Dérivés.
- **SABA** : Production de Batterie pour Véhicules.
- **TUDOR** : Production de Batterie pour Véhicules.
- **CSD** : Centre de Stockage et de Distribution d'Hydrocarbure.
- BITUM** : Unité de Production de Goudron.
- **ORAVIE** : Abattoir Avicole et Viande Rouge.
- **ENBAG** : Production de Bouteilles de Gaz.

**2-6- Les réseaux****2-6-1- Réseau routier :**

Le Réseau routier de la wilaya de Batna à une longueur totale de 3 506,07 Km, répartis comme suit:

Routes nationales : 804,300 km.

Chemins de wilaya : 650,400 km.

Chemins communaux: 1 334,620 km

Pistes : 719,750 km

**2-6-2-Réseau ferroviaire**

Il se limite à deux voies de 148kms. La première voie traverse la wilaya du Nord au Sud sur une longueur d'environ 95 km, avec 4 gares (Ain Yagout, Djerma, Batna et Ain Touta) Cette voie ferrée joue, un rôle important dans l'approvisionnement de la wilaya en biens d'équipements et marchandises importées à partir des ports de Skikda et Annaba.

La deuxième voie d'ainTia –M'sila dont le tronçon de la wilaya de Batna est achevé avec 5 gares (Cimenterie-Seggana-Barika-Ouled Abdellah et Ouled Ammar).

**2-6-3 - Réseau Aéroportuaire**

L'Aéroport International de Batna, distant de la ville de Batna de 25 Km, est classé à la 21ème classe ; sa fréquentation atteint 80 000 passagers/an avec 4 vols par semaine vers la capitale, et 5 vers l'étranger.

**2-6-4 -Réseau d'assainissement :**

L'assainissement de l'eau constitue l'ensemble des dispositions relatives à l'évacuation des déchets liquides d'une agglomération et à leur traitement, de manière à ce qu'ils ne puissent provoquer aucune nuisance pour l'hygiène publique (Bouziyani .M200).

Les eaux usées constituent un milieu de culture pour de très nombreuses espèces de micro-organismes pathogènes et à ce titre, elles peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé publique surtout dans les pays où les conditions d'hygiène sont défavorables.

Les divers polluants contenus dans les eaux usées sont susceptibles de contaminer les eaux de surfaces s'ils sont déversés directement dans le milieu naturel et peuvent polluer aussi les nappes souterraines par infiltration. L'accès à un assainissement de qualité est une condition nécessaire pour garantir la dignité des populations (Emmanuel et al 2011).

Le contexte hydrologique de la Wilaya de Batna reste principalement influencé par une irrégularité annuelle et une variabilité inter-annuelle très marquées des précipitations. L'alternance de séquences de forte hydraulité et de séquences de sécheresse d'intensité et de durée variables est également un trait dominant des régimes hydrologiques.

En matière d'assainissement les rejets des eaux usées de la majorité des centres sont déversés directement dans le milieu naturel (cours d'eau) engendrant une pollution des nappes et des puits limitrophes (photo N° 01).



**Photo N° 01:** Les eaux usées déversés directement dans le milieu naturel

Cette situation a toujours constitué le plus grand souci de la wilaya, qui se trouve confrontée à la localisation millénaire de sa population qui s'est adaptée à un relief fortement montagneux dans sa partie Nord et se trouve localisée au pied des montagnes, dans des vallées alluviales tout au long des oueds ou sur des reliefs de plateaux escarpés. Ce qui nécessite des ouvrages et des systèmes adaptés à la situation par delà des infrastructures connues et utilisés à l'heure actuelle.

Les efforts engagés pour enrayer ce problème ont consisté, en :

- ❖ L'extension des réseaux et collecteurs d'évacuation des eaux usées et par conséquent, Le taux de raccordement est passé de 08 % en 1962 à 74% en 2005 pour atteindre 87% en 2014 avec un linéaire de 2227289 ml de réalisation (tableau.16).L'accès au réseau varie entre 61 % à Azil Abdelkader et 99% à ElMadher, Zana El Baida , Lemecene , Boumia N'gaous , Seriana.... Cette classe regroupe les communes où l'on observe un parc logement entièrement raccordé au réseau d'assainissement est satisfait.
- ❖ La réalisation des STEP (Batna, Timgad) ; tandis que trois autres STEP son en cours de réalisation (Fesdis, Arris et Barika). Trois études sont déjà établies pour la réalisation des STEP à Ain Touta, Ras Aioun et N'Gaous.
- ❖ Pour les zones rurales et les petites agglomérations (moins de 10000 habitants) ; la réflexion est engagée selon les recommandations du Plan d'Aménagement de la Wilaya ; pour l'utilisation des systèmes d'épuration par filtre planté ou «Phytoépuration».

Ce procédé présente plusieurs avantages :

- moins coûteux à construire et à exploiter que les systèmes conventionnels;
- Facile à mettre en œuvre
- Nécessite peu d'équipements mécanisés;
- Consomme peu d'énergie.
- Nécessite une main d'œuvre très réduite pour son entretien.

**Tableau .16** : Taux de raccordement au réseau d'assainissement (1962-2014)

<b>Année</b>	<b>Taux de raccordement</b>	<b>Longueur (ML)</b>	<b>STEP</b>	<b>Bassin de décantation</b>
<b>1962</b>	08	102000	00	00
<b>2006</b>	74	1574844	01	/
<b>2014</b>	87	2227289	03	25

Source : Monographies de la wilaya

La classification des communes selon le taux de raccordement au réseau d'assainissement, montre que sur les 61 communes de la wilaya, 54 présentent un taux de raccordement supérieur à 80%.

Concernant l'extension et la rénovation des réseaux d'assainissement, des opérations inscrites annuellement pour pallier aux maladies à transmission hydrique.

**Réseau d'AEP** : L'étude et l'analyse de ce paramètre sera bien détaillé dans le prochain Chapitre (la gestion de l'eau potable dans la wilaya de Batna).

**Conclusion :**

Le territoire de la wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans un ensemble physique constitué par la jonction des Atlas Tellien au Nord et Saharien au Sud, et c'est ce qui fait la particularité physique principale de la wilaya, et détermine de ce fait les caractères du climat, et les conditions de vie humaine. Batna se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

Dans la wilaya la densité de la population est très inégalement répartie sur les 61 communes que compte le territoire de la wilaya. La ville de Batna est la plus dense, suivie des communes de Barika et Merouana.

La disparité dans la répartition de la population est due aux facteurs physiques et socioéconomiques de la région. Cette différence explique l'ampleur des problèmes en particulier le problème de l'alimentation en eau potable qui sera sans doute plus grave dans les zones d'urbanisation anarchique où le taux d'accroissement démographique est plus élevé.

# CHAPITRE II

## Gestion de l'eau potable dans la wilaya de Batna

**Introduction :**

La gestion de l'eau consiste à planifier, distribuer et gérer l'utilisation optimale des ressources en eau. L'exploitant d'un réseau d'eau potable ou d'assainissement a la charge de faire de sorte que l'eau provienne en quantité et en qualité au consommateur abonné ou que l'eau usée provenant de ce même consommateur raccordé soit bien évacuée et traitée sans risque pour le milieu naturel (Abdelbaki .C et al 2012). Une meilleure gestion des ressources en eau et le développement des services publics d'eau et d'assainissement sont reconnus par la communauté internationale comme l'un des facteurs prioritaires du développement durable de régions entières (Pierre-Alain Roche2003).

En effet l'étude de ce chapitre permet de connaître la gestion de l'eau potable et la situation du système d'AEP dans la wilaya de Batna qui a connu une forte croissance démographique et socio-économique.

**1-Présentation de l'organisme gestionnaire de l'eau potable**

L'exploitation du service de l'eau peut être assurée directement par la commune ou par l'Algérienne Des Eaux (ADE).

Algérienne Des Eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par le décret exécutif n° 01-101 du 27 Moharem 1422 correspondant au 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger.

L'établissement est chargé dans le cadre de la politique nationale de développement d'assurer sur tout le territoire national, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielle ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant ;

A ce titre, il est chargé, par délégation :

- a. de la normalisation et de la surveillance de la qualité de l'eau distribuée;
- b. d'initier toute action visant l'économie de l'eau, notamment par :
  - L'amélioration de l'efficience des réseaux de transfert et de distribution;
  - L'introduction de toute technique de préservation de l'eau;
  - La lutte contre le gaspillage en développant des actions d'information, de formation, d'éducation et de sensibilisation en direction des usagers;

- La conception, avec les services publics éducatifs, de programmes scolaires diffusant la culture de l'économie de l'eau;
- c- de planifier et mettre en œuvre les programmes annuels et pluriannuels d'investissements;
- le présent établissement se substitue à l'ensemble des établissements et organismes publics nationaux, régionaux et locaux dans l'exercice de la mission de service public de production et de distribution de l'eau potable, notamment :

L'Agence Nationale de l'Eau Potable et industrielle et de l'assainissement (AGEP).

Les établissements publics nationaux à compétence régionale de gestion de l'eau potable; les EPEDEMIA de wilayas; les régies et services communaux de gestion et de distribution de l'eau.

### **1-1 Organisation de l'unité**

L'unité ADE est composée du siège de la direction et du parc central

L'unité ADE est organisée en six départements:

- Département des finances et de la comptabilité ;
- Département des ressources humaines et de la Formation ;
- Département Commercial;
- Département Exploitation et maintenance;
- Département Administration et moyens;
- Département travaux.

### **1-2 Les taches du laboratoire de l'unité de production**

Le laboratoire de l'unité ADE veille sans arrêt et de manière régulière au suivi et contrôle de l'eau :

- Contrôles sur sites des eaux distribuées à partir des différents réservoirs jusqu'à certains points du réseau
- Tests de chlores résiduels journaliers opérés à travers le réseau organisé de larges campagnes de nettoyage et de désinfection des ouvrages de stockage.
- Intervention rapide en cas de pollution
- Veiller au respect des différents dosages des produits désinfectants (Hypochlorite de Sodium et Hypochlorite de Calcium)
- Réaliser les analyses physiques, chimiques et Bactériologiques au niveau du laboratoire équipé pour ce genre d'opérations afin de répondre aux normes internationales fixées par l'OMS.

**1-3 L'Algérienne Des Eaux (ADE) à l'échelle de la wilaya de Batna :**

En termes d'agglomérations, l'unité ADE intervient au niveau de 26 Communes sur un total de 61 communes, soit un taux de couverture de 43% à l'échelle de la wilaya de Batna .La population desservie est de: 838153 habitants soit un taux de desserte de 72% (DRE 2016).

L'Unité ADE dispose de 104 Forages, elle a à son actif 157 ouvrages de stockage (ADE 2016).

Le taux de raccordement des communes gérées par l'ADE : 98%

Pour l'année 2007 les capacités de production de l'Unité ADE sont de l'ordre de 39367000 m<sup>3</sup>, le volume distribué pour la même période est de 30800000 m<sup>3</sup>. Le nombre d'abonnés est de 114472 dont 110253 ménages. La dotation moyenne par habitant est d'environ 119 l/j/hab.

Dans la wilaya de Batna les communes gèrent 35 communes et les agglomérations secondaires pour une population de 374 200 habitants qui représente 28% de la population totale de la wilaya dont 336 780 habitants raccordés soit un taux de raccordement de 90% (DRE 2016)

**2- Les ressources en eau potable dans la wilaya de Batna:**

L'eau potable est produite à partir d'eau prélevée par un captage dans une nappe souterraine ou dans une ressource superficielle d'eau douce (fleuves, rivières, canaux, lacs, barrages) ou d'eau de mer .Les communes de la wilaya sont alimentées essentiellement en eau potable à partir de deux types de ressources en eau qui se présente comme suit.

**2-1-Les eaux souterraines :****2-1-1 Etat des ressources en eaux souterraines dans la wilaya de Batna**

(Monographie de la wilaya de Batna 2014)

Dans la wilaya de Batna, il existe de nombreuses nappes, qui constituent l'ensemble des ressources en eau souterraines on distingue :

**A. La nappe plio-Quaternaire :** Cette nappe est une nappe considérée comme étant phréatique, elle est localisée généralement dans les plaines, telle que : La plaine d'Oued Chaaba la plaine de Seriana et Zana-El-Baidha, La plaine d'El-Hassi et Kser-Belezma.

Cette nappe est une nappe peu-profonde, constituée par des alluvions et des glacis polygéniques avec une épaisseur de l'ordre de 100 ml, et qui peut donner des débits de l'ordre de 10 l/s par endroit.

**B. La nappe Mio-Pliocène :** Cette nappe est constituée par des formations de sables et des graviers au sommet et des grés peu consolidés à la base de la formation.

Cette nappe a une profondeur moyenne de l'ordre de 20 à 300 ml, et peut produire des débits compris entre 15 à 25 l/s.

Cette nappe est localisée dans la région de Barika et El-Djezzar.

**C. La nappe Miocène :** Cette nappe est constituée par des formations gréseuses avec des niveaux conglomératique et des calcaires lacustres.

Elle est localisée dans le bassin de Timgad-Tazoult, ainsi que le Bassin de Barika El-Djezzar ou elle se trouve à la base de l'aquifère multicouche du Mio-pliocène.

Cette nappe est exploitée par quelques forages de 200 à 300 ml de profondeur, avec des débits variant entre 10 l/s et 25 l/s.

**D- La nappe de crétacé :** La nappe du crétacé est considérée comme la plus importante nappe représentée dans la wilaya de Batna. Elle est constituée par des formations de calcaires et marnes et des grés. C'est un aquifère multicouches d'épaisseur totale qui dépasse les 1000 ml :

▪ **La nappe du Crétacé inférieur (Barrémien, Aptien et Albien) :**

Le crétacé inférieur est formé par des bancs décimétriques à métriques de calcaires, en alternance avec des marnes à la base. Vers le sommet les bancs de grés. Cette nappe est actuellement exploitée par des nombreux forages débits variant de 20 l/s à 50 l/s.

▪ **La nappe du crétacé moyen (Cénomaniens et Turonien) :**

Représentée par des formations de calcaire peu fissuré alternant avec des marnes.

Cette nappe est localisée dans la région de Merouana (Djebel Tikelt, Djbel Fakra et Djbel Bourhiolle), à Seriana (Djbel Metarassi), à Chemora (Djbel Gabel Amrane), à Berriche et Ain Touta (Djbel Ich Ali et les monts de Chihat).

Cette nappe est exploitée actuellement par des forages d'une profondeur de l'ordre de 300ml avec des débits de 8 l/s à 5 l/s.

▪ **La nappe du crétacé supérieur (Maestrichtien) :**

Elle est constituée par des formations carbonatées de calcaire fissuré dont l'épaisseur dépasse en quelques endroits les 600 ml .Elle est localisée surtout dans les zones de Oued Labiodh et Oued Abdi, ou elle constitue la base du synclinal de Djbel El-Mahmel et Djbel Zellatou, ainsi que Djbel Refâa à Hidoussa.

Ces formations sont à l'origine de quelques sources, tel que les sources de : Tinibaouine, Ain Cherchar, Berbaga, Bouzina, Aariche à Menâa .Le débit de ces sources dépasse les 15 l/s.

### 2-1-2 La mobilisation des eaux souterraines.

Les eaux souterraines constituent une ressource stratégique pour la société, vu leurs volumes, leur caractère renouvelable et leur relative perméabilité à la pollution en surface. Il s'ensuit une eau généralement de bonne qualité, nécessitant de modestes traitements de potabilisation en comparaison à ce qui sont requis pour la plus part des eaux de surface (François Anctil 2017).

Les eaux souterraines sont les ressources les plus utilisées dans la Wilaya de Batna, notamment pour l'AEP, l'Agriculture et l'industrie. La mobilisation de ces potentialités est assurée par un grand nombre de forages, puits individuels ou collectifs et les sources captées ou non captées, réparties à travers tout le territoire de la Wilaya.

Selon la direction des ressources en eau (2016), la wilaya de Batna compte 423 forages dont 362 en exploitation dont 40% environ sont implantés dans les seules plaines de Barika, Ain Djasser et El Madher, là où les ressources en eau souterraines sont particulièrement importantes. Le débit mobilisé à partir des 362 forages est réparti comme le montre le tableau qui suit:

**Tableau .17:** Volume d'eau mobilisé (m<sup>3</sup>/j) dans la wilaya

Type d'usage	A.E.P	A.E.P/I.R.R.	A.E.I	IRR	AEP/ANP
Nombre de forages	329	5	16	28	4
Débit (m <sup>3</sup> /j)	495953.28	17 366.40	16 761.60	69 206.40	2 592.00

### 2-2 Les eaux de surface dans la wilaya: Barrage de Koudiat Medouar :

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent plus à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire, sinon indispensable d'utiliser les eaux de surface ( Kettab.A 1992 ). Dans la wilaya de Batna l'accroissement de la population et son niveau de vie et le développement industriel nécessitent l'utilisation des eaux de surface surtout que la disponibilité des eaux souterraines se fait de plus en plus rare.

Pour la mobilisation des ressources superficielles, la wilaya de Batna dispose actuellement d'un seul barrage destiné à l'AEP. La production du barrage représente 25% de la production totale en eau de la wilaya. Les localités touchées par l'alimentation des eaux superficielles sont : Batna, Tazoult, Ain Touta , Barika et Arris .Le barrage de Koudiat Medouar destiné à l'AEP et à l'irrigation

et mobilisant un volume total de 74 Hm<sup>3</sup> et d'un volume annuel régularisé de 18 Hm<sup>3</sup>. Il s'agit d'un barrage réservoir qui mobilise les eaux superficielles d'Oued Reboa dont le bassin versant couvre 59 000 km<sup>2</sup>. Une partie de la population (44%) est alimentée à partir des eaux du barrage de Koudiat-Medouar, mis en exploitation en 2007. Cet ouvrage assure aujourd'hui un apport quotidien de 3500 m<sup>3</sup> pour Batna ville, 6000 m<sup>3</sup> pour Tazoult, 9 000 m<sup>3</sup> pour Aïn-Touta, 4000 pour Arris et 14 000 pour la ville de Barika c'est dire qu'une grande partie du déficit en AEP de la wilaya a été absorbée.



**Photos (N° 2 et N° 3) Barrage de Koudiat Medouar**

### **2-2- 1-Localisation du barrage de koudiat Medouar:**

Le barrage de Koudiat Médouar se trouve sur l'Oued Reboa, à une distance de 7 km environ au nord-est de la ville de Timgad et à 35 km environ à l'Est de la ville de Batna. L'accès au barrage se fait par la route entre Timgad et Chemora. Cette route est une ramification de la route entre Batna et Khenchela et accompagne l'Oued Reboa vers Chemora, Batna se trouve à 340 km à vol d'oiseau du port d'Alger, à 125 km de Sétif et à 100 km de Constantine. L'altitude de la vallée au site du barrage est d'environ de 955 m.

### **2-2-2 Objectif du barrage**

Il est destiné pour l'alimentation en eau potable de deux wilayas (Batna et Khenchela) et l'irrigation de deux périmètres Toufana et Ain Touta après l'achèvement des travaux de transfert de Béni Haroun.

Le barrage de Koudiat Medouar destiné a :

- Court terme l'alimentation en eau potable pour Batna et Khenchela.
- Moyen terme l'irrigation.
- Long terme l'alimentation en eau industrielle.

### **2-2-3 Description du barrage**

Barrage en terre et enrochement, les talus amont et aval sont protégés par la roche (rip-rap) avec :

-Digue principale : longueur 1280m, hauteur 48m

- Digue de col : 990m, hauteur 26 m
- Cote de la retenue normale : 992.50m
- Cote max : 996.65 m
- Superficie du bassin versant : 59000 km<sup>2</sup>
- Précipitation moyenne annuelle : 375 mm
- Largeur de la crête : 10m
- Largeur totale de la base : 350 m

### **2-3 Le transfert hydraulique entre le barrage de Beni Haroun (Mila) et de Koudiet Medouar**

Le transfert hydraulique relevant du système de Beni-Haroun (Mila), raccordant le barrage géant (près d'un milliard de m<sup>3</sup> stocké) à l'ouvrage de Koudiat Medouar, près de Timgad



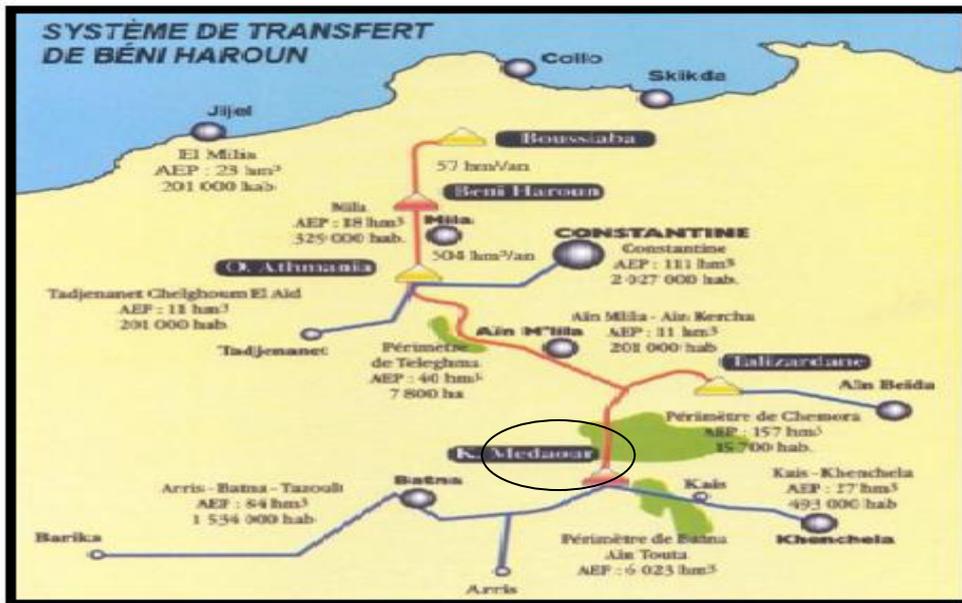
**Photo N°0 4: Barrage Beni-Haroun**

Ce transfert a été réalisé dans le cadre d'une ligne verte d'urgence au moyen d'une conduite d'une longueur de 120 km et d'un diamètre de 1,40 m, pour un débit de l'ordre de 1 m<sup>3</sup> par seconde. Cet important projet qui relève du système de transfert entre le barrage-tampon d'Oued Athmania (en aval de l'ouvrage de Beni-Haroun) et la station de pompage d'Ain Kercha (Oum El Bouaghi), permettra de résorber définitivement le déficit vécu par la région de Batna en matière d'alimentation en eau potable (AEP) en raison de la diminution du taux de remplissage du barrage de Koudiet Medouar qui a atteint son plus bas niveau à cause de la sécheresse . La wilaya de Batna sera alimentée en eau potable via cette ligne verte entre les barrages de Beni-Haroun et de Koudiet Medouar à travers la station de pompage d'Ain Kercha grâce à un volume transféré de 282 millions de m<sup>3</sup> par an, à même d'assurer les besoins de cette région des Aurès pendant les 30 années à venir.

Un volume de 255 millions m<sup>3</sup> sera réservé à la wilaya de Batna, dont 84 millions de m<sup>3</sup> pour l'AEP, le reste étant consacré à l'irrigation d'une superficie de 34.000 hectares de terres agricoles situées dans les communes de Chemora, d'Ouled Fadel et d'Ain Touta. Vingt-sept

(27) millions de m<sup>3</sup> du volume transféré seront orientés vers la wilaya voisine de Khenchela. Le système de Beni-Haroun, considéré comme le plus grand système hydraulique algérien, doit fournir, à terme, 504 millions de m<sup>3</sup> destinés à l'AEP d'une population de six millions d'habitants vivant dans six wilayas de l'Est du pays, en l'occurrence Jijel, Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela.

Figure .13 : Système de transfert hydraulique de Beni Haroun



La première tranche du système de Beni-Haroun (barrage de Beni-Haroun-barrage d'Oued Athmania via une station de pompage), pour l'AEP des wilayas de Constantine et de Mila.

**3- Les besoins en eau potable :**

Les besoins en eau potable sont évalués de façon globale, suivant la demande moyenne journalière en eau par habitant, sans tenir compte des besoins propres à chaque usage (domestique, sanitaire, socio culture, administrative, .....).

A cet effet il est pris une majoration englobant ces consommations.

**3-1- Evaluation des besoins en eau**

Pour l'année 2014 les besoins en eau sont atteints 195640 m<sup>3</sup> / J, le volume distribué dans la wilaya Batna est de l'ordre de 158772m<sup>3</sup>/j, soit un déficit de 36868 m<sup>3</sup>/j par apport aux besoins identifiés, le taux de satisfaction globale de la population est de 85 % dont la dotation réelle est de 128 l/j/hab., alors que les normes nationales d'approvisionnement quotidien en eau potable est de 150 l/j /hab.

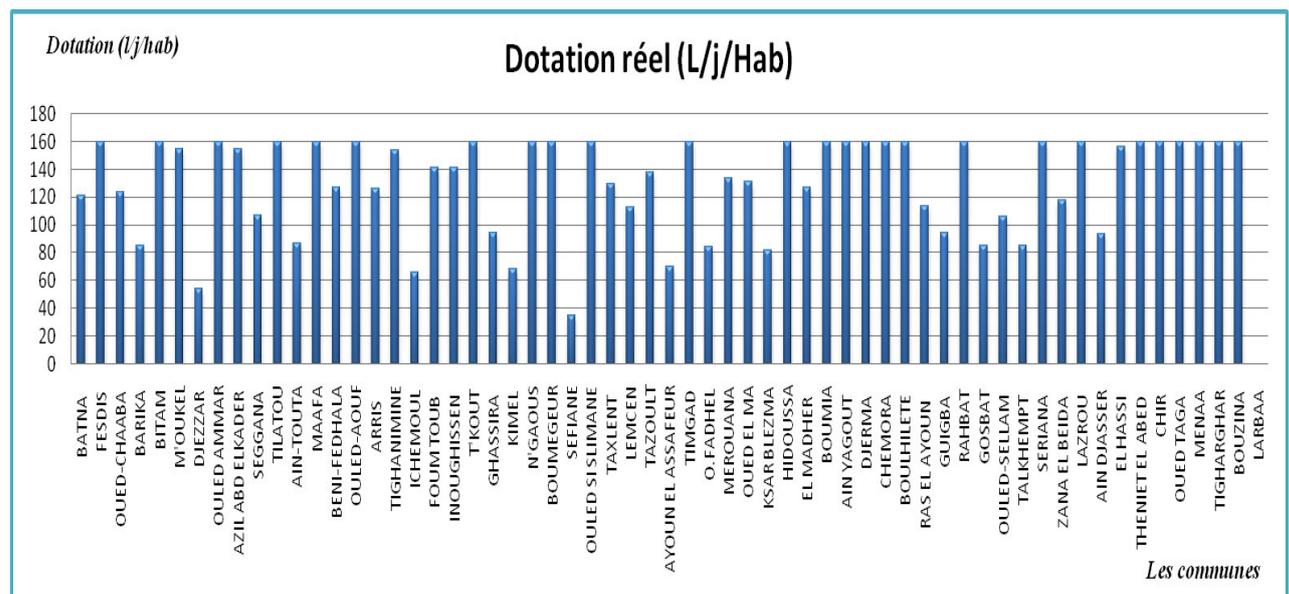
**Tableau.18 :** Les besoins en AEP dans la wilaya de Batna (2014)

Population (Hab)	Besoins (m <sup>3</sup> /j)	Production réelle (m <sup>3</sup> /j)	Dotation réelle (l/j/hab)	Taux de satisfaction (%)
1 245 030	195640	158772	128	85

Source: DRE 2014

De l'analyse de la figure.14, il ressort que certaines communes enregistrent des déficits et que les ressources en eau n'arrivent pas à couvrir l'ensemble des besoins de leur population

**Figure .14 :** Dotation réelle en eau (l/j/hab.) par commune



Source : Monographie de la wilaya (2014)

**3-2- Evolution des besoins en eau potable :**

Les besoins en eau potable prioritaires dans l'approvisionnement sont actuellement les plus importants sur le plan quantitatif et seront une de plus en plus accrus avec le fort accroissement démographique, l'augmentation du degré d'urbanisation et du niveau de vie (Mebarki.A).

En 2010 le volume distribué dans la wilaya est de l'ordre de 1563203 m<sup>3</sup>/j, avec un taux de satisfaction de 85% des besoins en eau estimés à 170273m<sup>3</sup>/j. En 2012 le taux de satisfaction connaît une baisse et le volume distribué est de 159 218 m<sup>3</sup>/j et les besoins sont à

189 410m<sup>3</sup>/j. En 2014 les besoins en eau sont atteintes 195640 m<sup>3</sup> / J, le taux de satisfaction est élevé à 85 %. (Tableau.19).

**Tableau .19** : Evolution des besoins en eau / aux ressources hydriques (2010-2014).

Année	Besoins (m <sup>3</sup> /j)	Dotation l/j/hab.	Volume réel (m <sup>3</sup> /j)	Taux de satisfaction %
2010	170273	140	156320	85
2012	189 410	132	159 218	84
2014	195640	128	158772	85

Source : DRE+Monographies (2010, 2012,2014)

D'après le tableau au dessus on constate que les efforts de mobilisation des ressources en eau restent largement inférieurs aux besoins de la wilaya, car parallèlement à la diminution du rendement de certains forages, du faible pluviosité et l'intensification des pompages dans les nappes, la demande en eau potable ne cesse de croître par suite de l'accroissement de la population et son niveau de vie

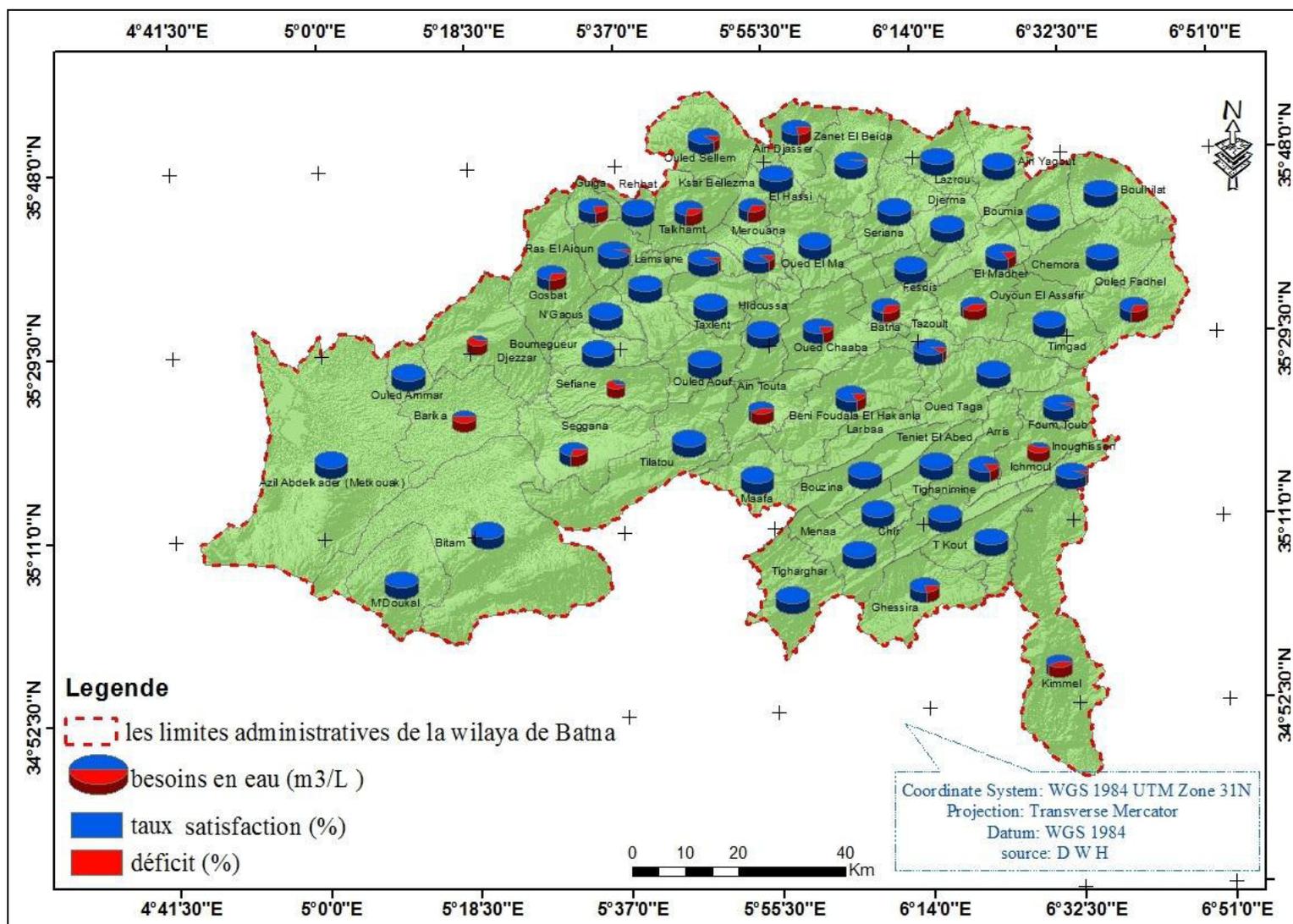
Le taux de satisfaction en AEP varie entre 41 % à Ras El ayoun et 100% à Fesdis, N'gaous, Boummaguer, Ouled Si Slimen, Timgad, Hidoussa, Ain yagout... (Carte N°09). Cette classe regroupe les communes où l'on observe un parc logement entièrement raccordé au réseau d'AEP et satisfait. Djezzar, FoumToub ichemoul Larbaa regroupe les communes dont le taux de satisfaction est très insuffisant .La situation nécessitant une prise en charge urgente. Concernant les villes de Batna, Barika, Ain Touta, Tazoult et Arris, une grande partie du déficit en AEP a été absorbée après le transfert du barrage de Beni Haroun. En 2016 le taux de satisfaction en AEP est élevé au niveau de la wilaya de Batna à 88% (voir annexe 3)

**3-3 Fréquence de distribution :**

La distribution de l'eau aux usagers dans la wilaya est caractérisée par des restrictions dont l'intensité varie selon les saisons et selon les volumes d'eau emmagasinés derrière le barrage et le taux de recharge des nappes souterraines. L'approvisionnement en eau est donc discontinu avec une fréquence plus élevée dans certains quartiers. Parfois la distribution est quotidienne, un jour sur deux voire une fois tout les trois jours. Selon la direction de ressources en eau (2016), 14% de la population de la wilaya bénéficie d'une alimentation en eau potable 24h/24, 44% de la population desservie à l'accès à l'eau potable une fois par jour, 13% des clients n'ont l'eau potable qu'un jour sur deux, 30% uniquement un jour sur trois (Carte N° 10)

Carte N° 09

Besoins en eau ( m<sup>3</sup>/j ) de chaque commune





#### 4- Situation du réseau d'AEP.

La fonction de base d'un réseau de distribution d'eau est de satisfaire les besoins des usagers en eau. Cette eau doit être de bonne qualité respectant les normes de potabilité et à une pression et en quantité suffisantes (Boutebbak et al 2014).

Pour assurer en permanence la distribution en eau jusqu'au robinet de l'utilisateur, un réseau d'alimentation en eau est constitué généralement de plusieurs niveaux qui se succèdent.

##### 4-1- Les ouvrages d'adduction :

L'acheminement de l'eau à partir des nappes ou des ressources d'eau vers les réservoirs de stockage, s'effectue à l'aide de plusieurs types d'ouvrage d'adduction d'eau, l'adduction s'effectue par simple gravité ou par l'intermédiaire de système de pompage.

- ❖ **L'adduction gravitaire** : Où l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom.
- ❖ **L'adduction par refoulement** : Où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur des stations de pompage.

A Batna l'adduction d'eau se fait à partir des forages et du barrage de Koudiat M'douar le réseau s'étend de 1379680 mètres linéaire, selon (DRE 2016) la majorité des vieilles conduites d'adduction sont constituées généralement de fonte.

##### 4-2- Les ouvrages de stockage (les réservoirs) :

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique (Valiron 1994).

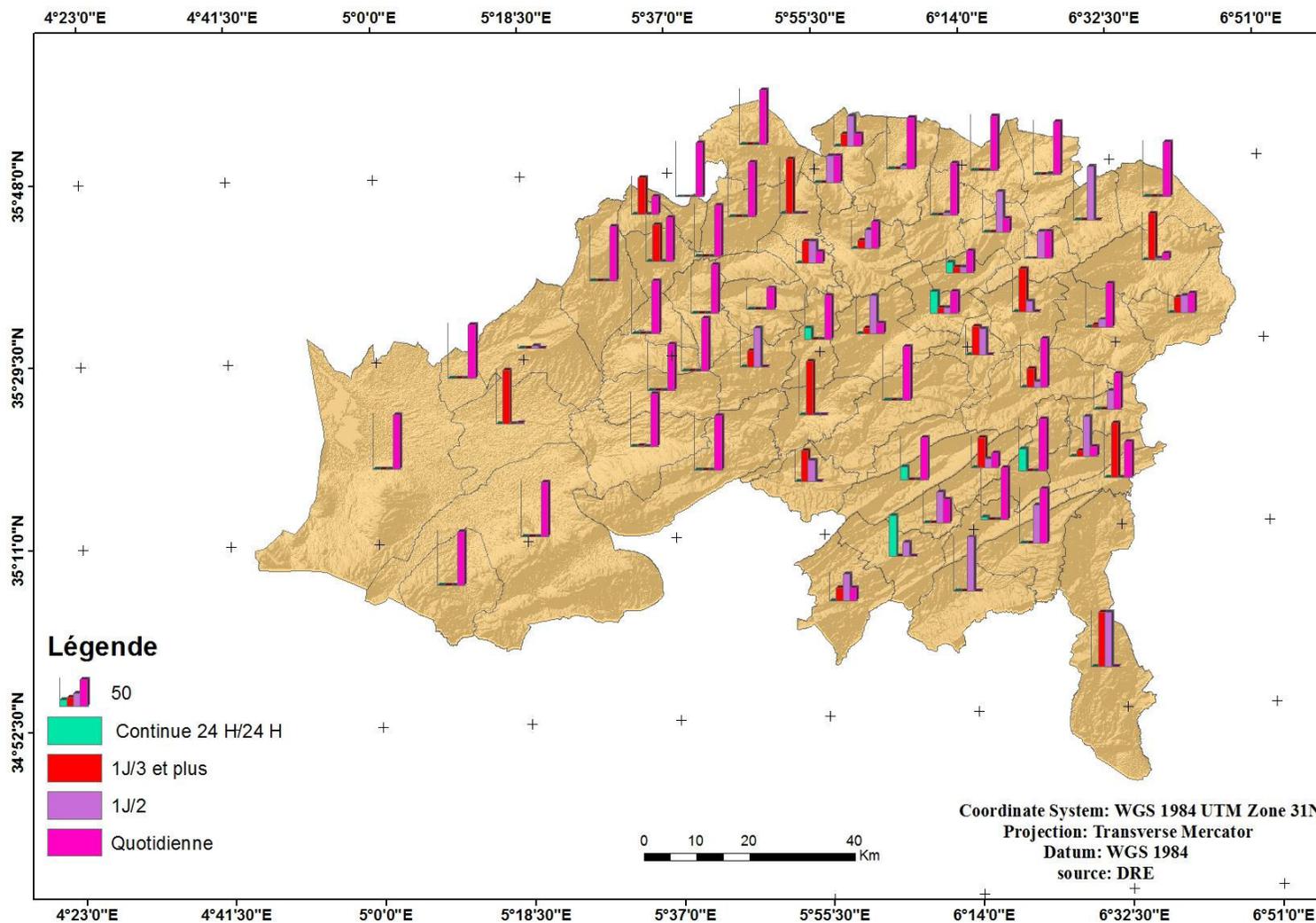
Ces fonctions sont résumées par le tableau qui suit.

**Tableau .20** : Fonctions d'un réservoir

Fonctions techniques	Fonctions économiques
Régulation du débit.	-Réduction des investissements sur les ouvrages de production.
-Sécurité d'approvisionnement.	-Réduction des investissements sur le réseau de distribution.
-Régulation de la pression	-Réduction des dépenses d'énergie
-Simplification de l'exploitation.	
- Réacteur participant au traitement.	

En 2016 la wilaya de Batna enregistre 526 ouvrages de stockage, ces réservoirs totalisent une capacité de 195640 m<sup>3</sup> (DRE 2016).

Carte N° 10 Programme de distribution de l'eau potable (par jour) dans la wilaya



#### 4-3- Situation de réseau de distribution:

La wilaya de Batna dispose d'un réseau de distribution d'eau potable de 4024192 mètre linéaire (Tableau.21). Le taux de raccordement est passé de 20 % en 1962 à 94% en 2012 pour atteindre 97% en 2014. La distribution en eau se fait à partir des réservoirs et de quelques forages injectés directement dans le réseau (forage Negriér, forage abattoir, .....).

**Tableau .21:** Situation de réseau d'AEP dans la wilaya de Batna

Nombre de réservoirs	Capacité m <sup>3</sup>	Longueur de réseau		Taux de satisfaction
		Distribution(MI)	Adduction (MI)	%
526	195640	4024192	1379680	88

Source : Service d'alimentation en eau potable (DRE 2016)

#### 4-4 - L'état de réseau.

La qualité de l'eau au robinet du consommateur est tributaire de la qualité du réseau. Une tuyauterie mal entretenue, des bris fréquents ou des zones de sous-pression seront fréquemment synonymes de contamination de l'eau consommée. (Patrick Levallois 2006).

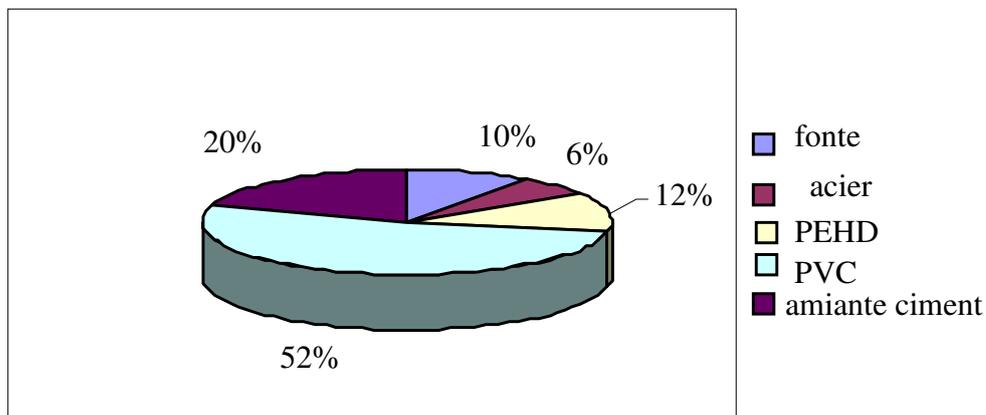
Les réseaux de distribution publique sont constitués de toutes sortes de matériaux en fonte, acier, amiante ciment, PVC et PEHD. Les types de matériaux utilisés dépendent beaucoup de la période d'installation (plus vieille conduite en fonte et en amiante ciment et les plus récentes fréquemment en PVC et PEHD). Il existe une relation entre le matériau et l'âge de conduite ; tel que le type de matériau de conduite est un indicateur de l'âge de la conduite à savoir les conduites en fonte datent des années quarante (période coloniale) à titre d'exemple les conduites posées au centre ville de Batna. Les conduites en amiante ciment datent au milieu des années soixante et des années soixante-dix. Au milieu des années soixante dix et les années quatre vingt et quatre vingt dix, c'était la pose des conduites en acier et en PVC. Les conduites en PEHD : aux années deux mille ; tous les réseaux sont projetés par des conduites en PEHD ; soit en rénovation des conduites ou en réalisation de nouveaux réseaux (Tarfaya.C 2012)

Le cas que nous pouvons citer en exemple est celui de la ville de Batna (Tableau .22).

Tableau .22 : Répartition des longueurs des conduites par type de matériaux dans la ville de Batna

Type de matériaux	Longueur (m)	%
FONTE	42971	10
Acier	25511	6
Amiante ciment	83336	20
PVC	221837	52
PEHD	50647	12

Figure .15 : Répartition des conduites du réseau par type de matériaux dans la ville de Batna



Source : ADE 2008

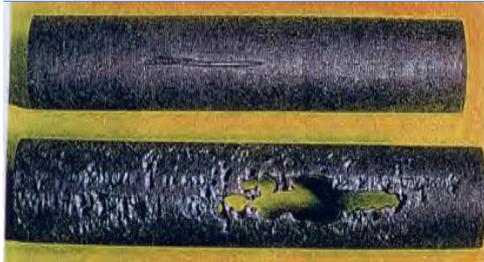
Les matériaux organiques tels que le chlorure de polyvinyle (PVC), le polyéthylène (PEHD) ont été préférés pour le transport et le stockage de l'eau potable Pour des raisons innombrables nous citons certaines d'elles : Répond parfaitement aux normes de potabilité

- Résiste à l'entartage et à la corrosion
- Insensibles aux mouvements de terrain.
- Bonnes caractéristiques hydrauliques
- Fiable au niveau des branchements, pas de fuite. - d'une facilité d'installation et de manipulation et d'une non corrosivité.



Photo N° 5 : Conduite en PEHD

Selon ( Rodier .J 1996 ) les matériaux utilisés pour le transfert et le stockage des eaux peuvent influencer de manière significative la qualité de l'eau livrée aux consommateurs, cette influence peut prendre des proportions lorsque se développent des phénomènes de corrosion ( cas de canalisations métalliques et des bétons ) ou dégradation ( cas des matériaux de type organique) .



**Photo. 06 :**

Perforation par corrosion extérieure  
(Petre Bradosche  
Tourey-Lurcy, França)

Avant l'opération de rénovation et de réhabilitation du système d'AEP, le réseau d'AEP dans la ville de Batna est constitué de 30000 branchements dont 17000 en Plomb soit 56% des tous les branchements. Le plomb peut pénétrer dans l'eau potable lors de la corrosion de tuyaux, ce phénomène est plus susceptible de se dérouler lorsque l'eau est acide. De ce fait, une eau trop douce est agressive vis-à-vis des canalisations; en particulier la corrosion des canalisations en plomb devient dangereuse pour la santé du consommateur (Beauchamp, 2006).

#### **4 -5-L'opération de rénovation et de réhabilitation du système d'AEP :**

Pour faire face aux risques des maladies à transmission hydrique et pour améliorer la qualité de l'eau potable, des programmes sont arrêtés par les services concernés afin de réhabiliter le système d'alimentation en eau potable (photo N° :6).



**Photo N° 07 :** Conduites en PEHD

destinées à la rénovation de réseau (Bouakal 2014)

Selon l'ADE et la direction des ressources en eau la rénovation concerne tous les réseaux qui sont composés de matériaux vulnérables, phénomène de corrosion tel que les conduites galvanisé, acier , amiante ciment , ou parfois se sont des conduites en PVC mal installées (non conformes aux normes techniques, aussi la plus part des canalisations qui sont à proximité

d'assainissement, surtout se sont des branchements illicites, la situation peut engendrer des épidémies à cause de l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP.

#### **5- Projet de renforcement et sécurisation de l'AEP de la ville de Batna**

Afin d'optimiser l'exploitation de la ressource disponible (Apport de Djerma et Apport du Barrage Koudiet Medaouar) et d'assurer l'approvisionnement de tous les réservoirs de la ville de Batna en cas de rupture de l'un des deux apports, l'Algérienne des Eaux (ADE) a confié à Safege l'étude du renforcement et sécurisation de l'alimentation eau potable de la ville de Batna. L'objectif du projet est de renforcer les secteurs déficitaires en matière de ressources en eau et sécuriser l'alimentation en eau potable de la ville en cas d'incident sur l'une ou l'autre des ressources principales.

**Conclusion :**

Dans la wilaya de Batna, les eaux souterraines constituent un capital essentiel pour l'alimentation en eau potable. Elles sont les ressources les plus utilisées dans la wilaya de Batna, notamment pour l'AEP, l'Agriculture et l'industrie.

Pour la mobilisation des ressources superficielles, la wilaya de Batna dispose actuellement d'un seul barrage destiné à l'AEP : Le barrage de Koudiat Medaouar . Les localités touchées par l'alimentation des eaux superficielles sont : Batna, Tazoult, Ain Touta , Barika et Arris, la population concernée est de 536 766 habitants qui représente 44% de la population totale de la wilaya. Le transfert hydraulique relevant du système de Beni-Haroun (Mila), raccordant le barrage géant (près d'un milliard de m<sup>3</sup> stocké) à l'ouvrage de Koudiat Medouar, près de Timgad. Un volume de 255 millions m<sup>3</sup> sera réservé à la wilaya de Batna. En 2014 Le taux de satisfaction globale de la population est de 85 % dont la dotation réelle est de 128 l/j/hab. Le taux de satisfaction dans certaines communes est très insuffisant la situation nécessitant une prise en charge urgente. Les réseaux de distribution publique sont constitués de toutes sortes de matériaux en fonte, acier, amiante ciment, PVC et PEHD .Les types de matériaux utilisés dépendent beaucoup de la période d'installation (plus vieille conduite en fonte et en amiante ciment et les plus récentes fréquemment en PVC et PEHD.

Pour faire face aux risques des maladies à transmission hydrique et pour améliorer la qualité de l'eau potable, des programmes sont arrêtés par les services concernés afin de réhabiliter le système d'alimentation en eau potable.

# CHAPITRE III

**Les maladies liées à l'eau  
potable dans  
la wilaya de Batna**

**Introduction :**

Bien boire la bonne eau s'avère primordial pour préserver et améliorer son capital santé (Bernard.R2006). Les maladies liées à la contamination de l'eau de boisson représentent une charge considérable pour l'humanité. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson apportent des bénéfices notables en matière de santé (OMS 2004).

Chaque année, 1,8 million de personnes, dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement, meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra) ; 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse. L'amélioration de l'assainissement ferait reculer de 32% la morbidité attribuable aux maladies diarrhéiques (OMS 2016).

La situation en matière de pathologies induites par la consommation d'eau est extrêmement contrastée selon les pays. En effet la transmission de maladies infectieuses par la voie hydrique a été maîtrisée dans la plupart des pays industrialisés par la mise en place d'installations de traitement et d'un contrôle sanitaire s'appuyant sur une réglementation abondante. À l'opposé la situation des pays en voie de développement reste souvent très mauvaise dans ce domaine (P. Payment et al 1998).

D'une manière générale, les maladies à transmission hydrique résultent d'une mauvaise qualité de l'eau liée soit à l'absence de contrôle de la source d'approvisionnement, soit à l'infiltration des eaux usées dans les réseaux de l'eau potable.

Vu de la croissance urbaine, l'insuffisance des ressources en eau, l'explosion démographique, l'urbanisation anarchique, vétusté des réseaux d'AEP et d'assainissement, la wilaya de Batna a connu multiples foyers des maladies à transmission hydrique, à cet effet l'étude de ce chapitre est nécessaire pour une meilleure appréciation des problèmes posés par l'eau d'alimentation et la pollution de celle ci dans cette wilaya.

**1-Généralités sur les maladies hydriques :**

L'eau ressource naturelle, indispensable à la vie, mais aussi elle est devenue de manière directe ou induite la première cause des maladies et de mortalité dans le monde. L'accès à l'eau potable devient ainsi difficile, en particulier dans les pays en développement.

De manière générale, la santé de l'homme est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des germes ou par des substances toxiques (Bouziani.M2000).

**1-1 Les maladies provoquées par la présence de micro-organismes dans l'eau de boisson**

Parmi les maladies liées à l'eau potable on retrouve

**A-Fièvres typhoïde et paratyphoïde**

La fièvre typhoïde est une maladie bactérienne spécifique contagieuse (déclaration obligatoire : maladie N°1) Elle est due à des germes du genre Salmonella : Salmonella typhi et Salmonella paratyphi. Il s'agit d'une toxi-infection strictement humaine dont le point de départ est lymphatique (ganglions mésentériques). Son origine digestive, le plus souvent alimentaire, est liée à la dissémination de germe venant de selles de sujets infectés. La maladie est endémo-épidémique. La contamination indirecte, d'origine alimentaire est le plus fréquente : eaux souillées (épidémie parfois centrée autour d'une même source ( A.Margairaz et al 1975).

Les germes franchissent la muqueuse intestinale sans la léser, et atteignent la circulation sanguine vis le système lymphatique. La lyse des bactéries libère une endotoxine qui peut donner des manifestations viscérales (Céline Pulcini 2014).

Une eau propre et un bon assainissement permettent de prévenir la propagation de la typhoïde et de la paratyphoïde. L'eau contaminée est l'une des voies de transmission de la maladie (A.Margairaz et al 1975)

**❖ La maladie et son effet sur les populations**

La fièvre typhoïde est une infection bactérienne des voies intestinales et du courant sanguin. Les symptômes peuvent être bénins ou graves et comprennent une fièvre prolongée pouvant être aussi élevée que 39°-40° C, des malaises, une anorexie, des céphalées, une constipation ou une diarrhée, des taches rosées sur la poitrine ainsi qu'une splénomégalie et une hépatomégalie. La plupart des sujets présentent des symptômes 1-3 semaines après l'exposition. La fièvre paratyphoïde a des symptômes similaires à la fièvre typhoïde mais elle est généralement moins grave.

**❖ Les causes de la fièvre typhoïde**

Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont causées par les bactéries Salmonella typhi et Salmonella paratyphi respectivement. Les germes de la typhoïde et de la paratyphoïde passent dans les selles et l'urine des personnes infectées. Les personnes deviennent infectées après avoir consommé des aliments ou des boissons qui ont été manipulé(e)s par une personne infectée ou par de l'eau de boisson qui a été contaminée par des effluents contenant les bactéries. La fièvre typhoïde reste un problème majeur de santé publique dans les pays en

développement, où l'accès à l'eau potable et les règles d'assainissement et d'hygiène sont insuffisants (Polonsky A. 2012). Une estimation du fardeau de la fièvre typhoïde dans les pays à faible et moyen revenu en 2010 était de 11.9 millions cas et 129 000 décès chaque année (Mogasale et al. 2014, Mouhaddach O et al 2015)

#### ❖ **Interventions**

Les interventions de santé publique permettant de prévenir la typhoïde ou la paratyphoïde comprennent:

- L'éducation pour la santé en matière d'hygiène personnelle, notamment en ce qui concerne le lavage des mains après l'utilisation des toilettes et avant la préparation de nourriture;
- La fourniture d'un approvisionnement en eau saine;
- Des systèmes d'assainissement adéquats. ([www.who.int](http://www.who.int))

#### **B -Le choléra**

Le choléra est une toxi-infection spécifique contagieuse (déclaration obligatoire : maladie N°8) due à des bacilles de l'espèce *Vibrio Cholerae*. Le vibron cholérique est un bacille gram négatif aérobie ; il produit une endotoxine responsable de la symptomatologie épidémique. Le vibron cholérique survit pendant une semaine dans l'eau qui joue un rôle essentiel dans la transmission de la maladie. La contamination de l'alimentation, à partir de selles infectées, favorisée par la proximité et les mauvaises conditions d'hygiène, contribue à l'extension des grandes épidémies. (A.Margairaz et al 1975)

#### ❖ **Le choléra et son impact sur les populations**

Le choléra est une infection intestinale aiguë qui commence par une diarrhée aqueuse indolore, des nausées et des vomissements. La plupart des sujets atteints ont une diarrhée très bénigne ou une infection asymptomatique. Les personnes sous-alimentées en particulier ont des symptômes plus graves. Les cas graves de choléra se présentent avec une diarrhée et des vomissements abondants. Le choléra grave, non traité, peut provoquer une déshydratation rapide et entraîner la mort. En l'absence de traitement, 50% des personnes atteintes de choléra grave décéderont, mais un traitement rapide et approprié réduit ce pourcentage à moins de 1% des cas.

#### ❖ **Les causes de choléra**

Le choléra est causé par la bactérie *Vibrio cholerae*. Les gens sont infectés après avoir consommé des aliments ou de l'eau qui ont été contaminés par les selles de

personnes infectées. Les fruits de mer crus ou pas assez cuits peuvent être une source d'infection dans les zones où le choléra est répandu et l'assainissement médiocre. Les fruits et légumes qui ont été lavés avec de l'eau contaminée par des égouts peuvent également transmettre l'infection si la bactérie *V. cholera* est présente.

#### ❖ Interventions

Pour prévenir la propagation du choléra, les quatre interventions suivantes sont essentielles:

- Approvisionnement en eau de boisson saine en quantité suffisante
- Bonne hygiène personnelle
- Bonne hygiène alimentaire
- Evacuation hygiénique des excréta.

#### **C-Hépatite**

L'hépatite, terme général désignant l'inflammation du foie, a un certain nombre de causes infectieuses et non infectieuses. Deux des virus qui causent l'hépatite (hépatite A et E) peuvent être transmis par l'eau et les aliments; l'hygiène est donc importante dans la lutte contre ces virus.

L'hépatite épidémique (infectieux hépatitis) est une maladie cosmopolite, contagieuse (déclaration obligatoire N°30), très fréquente, Elle s'observe généralement chez les enfants, les adultes, les jeunes adultes .Elle est endémo-épidémique : elle est observée toute l'année avec souvent une recrudescence à l'automne ; elle survient par cas sporadiques (notamment en milieu urbain ) et par foyers épidémiques plus ou moins extensifs ( en milieu rural et dans des collectivités) .La contamination est directe à partir de malades ictériques (20 à 30% des cas) et des porteurs sains qui éliminent le virus dans leurs selles. La contamination indirecte par de l'eau ou des aliments souillés est possible (A.Margairaz et al 1975)

#### ❖ La maladie et son impact sur les populations

Parmi les causes infectieuses, l'hépatite A et E sont associées à des approvisionnements en eau insuffisants ainsi qu'à un assainissement et une hygiène de mauvaise qualité, entraînant une infection et une inflammation du foie. La maladie débute par l'apparition soudaine de fièvre, une faiblesse de l'organisme, un manque d'appétit, des nausées, une gêne abdominale, suivis par un ictère quelques jours après. La maladie peut être bénigne (durant 1-2 semaines) ou grave et invalidante (durant plusieurs mois)

**❖ Les causes de l'hépatite**

Les virus de l'hépatite A et E, s'ils n'ont aucun rapport l'un avec l'autre, sont tous deux transmis par la voie oro-fécale, le plus souvent par de l'eau contaminée et d'une personne à l'autre. L'hépatite A pourrait être transmise également par des aliments contaminés par des manipulateurs de denrées alimentaires infectés, des aliments crus, ou des aliments manipulés après la cuisson.

**❖ Interventions**

Etant donné qu'il n'y a pas de médicaments antiviraux spécifiques contre l'hépatite A et E, la prévention de ces maladies virales demeure l'arme la plus importante pour la lutte, comme par exemple:

- L'éducation sur l'assainissement de bonne qualité et l'hygiène personnelle, notamment le lavage des mains;
- Des approvisionnements en eau propre suffisante et l'élimination adéquate des déchets;
- La vaccination contre l'hépatite A pour les personnes à risque, par exemple les personnes se rendant dans des zones où la maladie est fréquente.

**D-Diarrhée**

La diarrhée est répandue dans le monde entier ; elle est à l'origine de 4% de tous les décès et de 5% des incapacités. Elle est le plus souvent causée par des infections gastro-intestinales qui tuent chaque année environ 2,2 millions de personnes dans le monde, pour la plupart des enfants dans les pays en développement. L'utilisation d'eau est une des mesures d'hygiène importantes pour prévenir la diarrhée, mais la diarrhée peut également être causée par de l'eau contaminée. Le choléra et la dysenterie causent des formes sévères de diarrhée qui mettent parfois l'existence en danger.

**❖ La maladie et son impact sur les populations**

La diarrhée est l'émission de selles molles ou liquides plus fréquemment que la normale pour un individu. Il s'agit principalement d'un symptôme d'une infection gastro-intestinale. Selon le type d'infection, la diarrhée peut être aqueuse (par exemple dans le choléra) ou sanguinolente (dans la dysenterie par exemple).

La diarrhée due à une infection peut durer quelques jours, ou plusieurs semaines, comme dans la diarrhée persistante. La diarrhée sévère peut mettre l'existence en danger du fait du manque de liquide, comme dans la diarrhée aqueuse, notamment chez les nouveau-nés et les jeunes enfants, les personnes sous-alimentées et celles dont l'immunité est affaiblie.

**❖ Les causes**

La diarrhée est un symptôme d'une infection causée par un grand nombre d'organismes bactériens, viraux et parasitaires dont la plupart peuvent se propager par l'eau contaminée. Elle est plus fréquente lorsqu'il n'y a pas d'eau propre pour la boisson, la cuisine et le nettoyage, et lorsque les règles d'hygiène essentielles ne sont pas respectées. L'eau contaminée par les fèces humaines provenant par exemple des égouts municipaux, de fosses septiques et de latrines constitue une source de préoccupation particulière. Les fèces animales contiennent également des micro-organismes qui peuvent causer la diarrhée.

**❖ Interventions**

Les principales mesures pour réduire les cas de diarrhée comprennent:

- L'accès à une eau de boisson saine ;
- Un assainissement amélioré ;
- Une bonne hygiène personnelle et alimentaire ;
- Une éducation sanitaire sur la manière dont l'infection se propage.

**1-2-Problèmes sanitaires en relation avec la constitution des eaux :**

Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances d'origine organique ou minérale présentés par défaut (maladies de carence) ou en un excès dans l'eau de boisson, parmi les maladies de carence, on distingue surtout les caries dentaires en carence en fluor et le goitre en carence en iode (l'iode est un composant des hormones thyroïdiennes).

Parmi les maladies en excès on distingue : la fluorose causée par une prise excessive de fluor. Certaines substances présentes dans l'eau de boisson peuvent également mettre en danger la vie des individus (les métaux lourds par exemple) (Bouziani .M 2000).

**2- Les maladies hydriques en Algérie :**

Depuis l'indépendance la tendance évolution des maladies à déclaration obligatoire montre la prédominance des maladies liées à l'hygiène du milieu en général et des maladies à transmission hydriques en particulier.

En effet, les maladies à transmission hydrique (surtout le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries, hépatite virale « A ») sont en terme de morbidité les premières maladies à

déclaration obligatoire notifiées au ministère de la santé, elles représentent 39 % de l'ensemble des maladies déclarées (Bouziani .M 2000).

Ce sont des maladies des réseaux parce que la majorité des cas sont dues à des cross-connexions entre réseau d'AEP et assainissement. La contamination microbienne des grands réseaux urbains est susceptible de provoquer des flambées de grande ampleur de maladies véhiculées par l'eau. Il est donc prioritaire de garantir la qualité de l'eau distribuée par ces réseaux (OMS 2004).

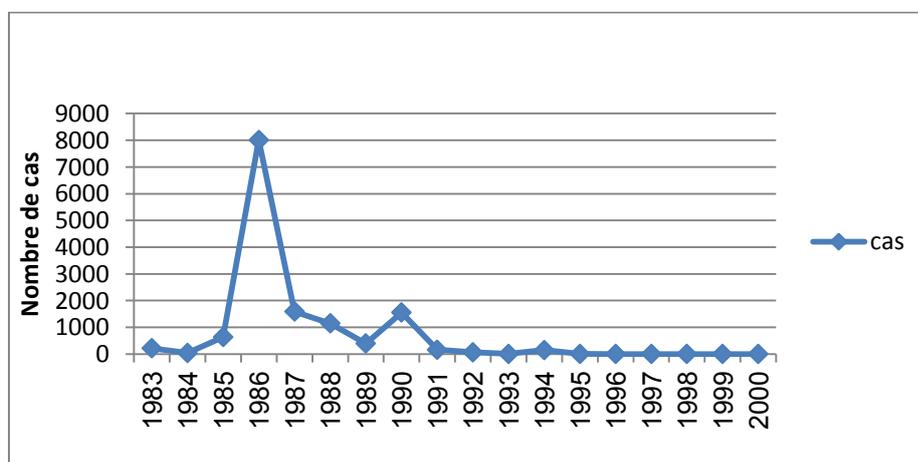
### 2-1- Evolution des épidémies de choléra en Algérie :

Durant les siècles précédents, les épidémies de choléra en Algérie ont toujours été importées d'Europe par le biais des échanges commerciaux entre notre pays et le continent Européen, durant les décennies actuelles, se sont des bouleversements socio-économiques qui vont concourir à la multiplication de cette maladie (Bouziani 2000).

L'étude épidémiologique du choléra pendant plus d'une décennie (1971 – 1986) à permis de relever qu'à chaque survenance de pic choléra de nombre de cas de ce pic est plus important que le précédent.

L'analyse de figure ci-dessous montre que le pic choléra de 1986 peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique nationale (800 cas clinique de choléra et 450 décès). Cette épidémie a été à l'origine de la mise en œuvre du programme national de lutte contre les MTH, l'année suivante, a coûté à la collectivité près de 1 milliard de dinars (A. Soukehal.2004). Le nombre de cas de cette maladie est à diminué sensiblement depuis le début des années 1990 (figure .16). Selon le rapport de la Conférence Nationale sur l'Usage Rationnel des Médicaments en Algérie (PURMA 2012) aucun cas de Choléra depuis 1995.

**Figure.16:** Incidence du Choléra en Algérie (1983-2000)

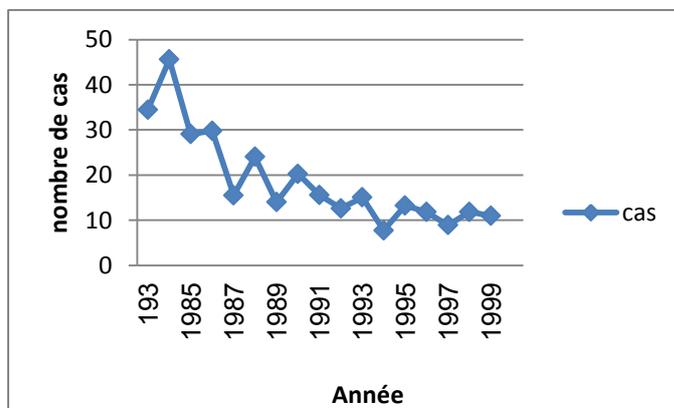


## 2-2 – Evolution de la fièvre typhoïde en Algérie :

Depuis l'indépendance, 3 tendances évolutives de la fièvre typhoïde (A. Soukehal.2004)

- **Première phase : 1962 - 1987 :** Il a été noté une augmentation progressive de l'incidence de la fièvre typhoïde avec plusieurs pics épidémiques, le point commun à toutes ces flambées épidémiques est la caractéristique du lieu. Ces dernières sévissent dans les agglomérations surpeuplées et les banlieues à habitat précaire où les réseaux d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement inexistantes.
- **Deuxième tendance 1987-1990 :** Diminution importante de la morbidité concordant avec la mise en place de nouveau système de notification qui a amélioré considérablement quantitativement et qualitativement l'information épidémiologique, la figure .17 montre clairement la diminution de la fièvre typhoïde durant cette période.
- **Troisième tendance,** qui a débuté en 1991, se poursuit actuellement. Elle montre, de façon certaine, une augmentation de la morbidité dans certaines wilayas cibles que l'on peut considérer comme wilayas à haut risque épidémiologique dans le domaine de la fièvre typhoïde. Ce sont les wilayas de Chlef, Batna, Bejaia, Blida, Bouira, Tlemcen, Tiaret, TiziOuzou, Oran, Alger, Djelfa, Skikda, Annaba, Constantine, Médéa, Mostaganem, Msila, mascara, Bord Bou Arréridj, Tissemsilt, Tipaza, Ain Defla, Relizane. On constate qu'à partir de 2002, la baisse de l'incidence est conséquente et depuis 2010, on enregistre une incidence très basse, inférieure à 1 cas pour 100.000 habitants.

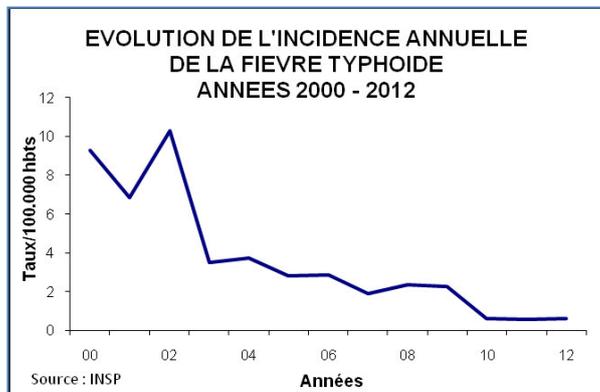
**Figure .17 :** l'incidence de fièvre typhoïde en Algérie (1983-2000).



Les incidences mensuelles enregistrées au cours de l'année 2011 ont été très basses, variant de 0,01 à 0,11 cas pour 100.000 habitants (INSP 2012).

La figure .18 montre un pic en été (juillet et août) qui correspond à l'écllosion de micro épidémies dans certaines wilayas et qui ont été maîtrisées rapidement.

**Figure. 18 :** Evolution de l'incidence de la fièvre typhoïde (2000-2012)



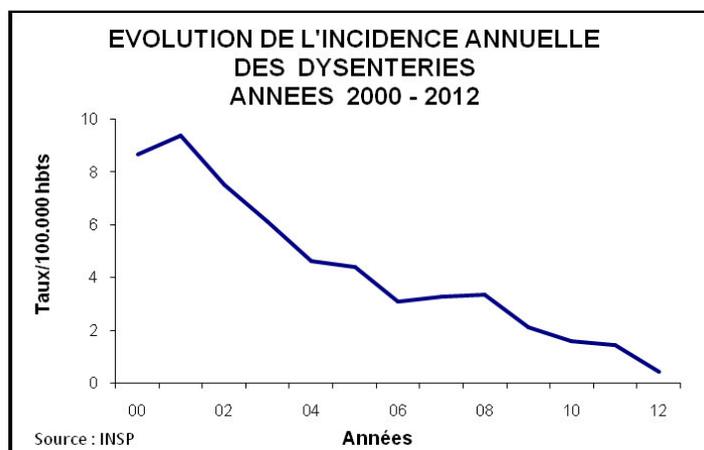
### 2-3- Les dysenteries en Algérie:

Maladie endémo-épidémique touchant toutes les régions du pays avec une prédilection pour les wilayas du sud. Important pic épidémique en 1982,

Depuis 1990 la situation est plus stable, l'incidence oscille autour de 10 cas pour 100.000 habitants (Figure .19) .En 2012 on constate une baisse importante du taux d'incidence des dysenteries, il est passé de 1,44 à 0,40 cas pour 100.000 habitants. Les incidences mensuelles enregistrées au cours de l'année 2012 sont très basses et même nulle en juillet. Un léger pic d'incidence est observé au cours du mois d'octobre de 0,08 cas pour 100.000 habitants.

En effet, en 2011, la wilaya d'El Oued abritait le foyer le plus actif avec une incidence annuelle de 36,47 cas pour 100.000 habitants. En 2012, cette incidence a chuté à 1,09 cas pour 100.000 habitants. Cette amélioration de la situation épidémiologique est retrouvée dans plusieurs autres wilayas.

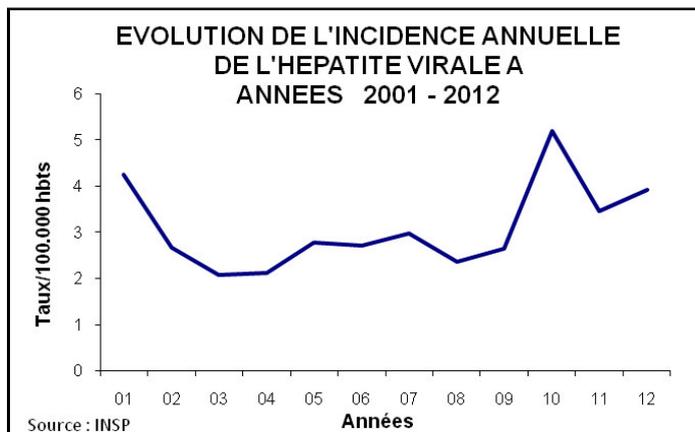
**Figure .19 :** Evolution des l'incidence des dysenteries (2000-2012)



#### 2-4- L'évolution des hépatites virales en Algérie:

Se sont des maladies endémiques avec des pics épidémiques au cours de la saison hivernale, important pic épidémique est enregistré en 1981, depuis cette année une nette diminution de l'incidence a été remarqué, la situation est stable durant la décennie 90. En 2012 le taux d'incidence de l'hépatite virale A est stable avec 3,91 cas pour 100.000 habitants(Figure.20).

**Figure 20 :** L'évolution des hépatites virales en Algérie



#### 2-5- Les principaux facteurs des MTH en Algérie :

De nos jours parmi les facteurs les plus importants des M. T H on distingue surtout :

- Une insuffisance quantitative des ressources hydriques du pays
- La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross-connexions entre les réseaux d'AEP et l'assainissement.
- Absence d'entretien des ouvrages et des réseaux d'AEP
- l'insuffisance du contrôle technique des services de l'hydraulique à toutes les étapes (étude, conception, suivi, réalisation et réception des ces réseaux).
- L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à une forte poussé démographique et d'autre part en développement économique et industriel.
- Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, la multiplication des bidonvilles autour de grandes villes du pays, Alger, Annaba, Constantine, Oran ....
- Urbanisation anarchique.
- La dégradation de l'environnement en milieu rural.

**2-6-Le programme national de lutte contre les M T H :**

Plusieurs facteurs ont permis l'écllosion de nombreux foyers endémo-épidémiques des MTH et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales .Devant cette grave situation épidémiologique, le gouvernement a mis en place en 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques.

Ce programme qui a introduit pour la première fois la notion de la multisectorialité de la prise en charge des maladies hydriques est basé sur plusieurs actions relevant de secteurs différents. Le programme de la lutte contre les M T H comprend : des actions relevant de secteur de l'hydraulique ( réseau de distribution et d'assainissement , épuration des eaux... ) , des actions qui doivent être menées par les services de santé ( surveillance épidémiologique , contrôle systématiques des aliments et de l'eau de boisson ) et des actions qui sont prises en charge par les communes ( entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau , l'assainissement et la contrôle des puits ) .

Le programme de lute contre les M T H est coordonné à plusieurs niveaux (Commune, Daïra, Wilaya et le ministère de la santé). Il a été accompagné sur le plan institutionnel de plusieurs textes législatifs et réglementaires, en particulier :

Le décret portant création de bureaux d'hygiène communale (Janvier 1987) et son arrêté d'application du 30 avril 1990.

Les textes réglementaires sur le fonctionnement des comités locaux de lutte contre les maladies hydriques.

La loi portant règles générales de protection du consommateur (loi N° 89-02 du 07 février 1989).

La loi portant code des eaux.

**3- Situation épidémiologique au niveau de la wilaya de Batna :**

La wilaya de Batna est considérée comme une zone à haut risque puisqu'elle enregistre de nombre cas d'atteintes des M T H surtout un nombre élevée de cas de la fièvre typhoïde et d'hépatite virale « A » (Tableau 23).

**Tableau 23:** Evolution des cas maladies à transmission hydrique dans la wilaya de Batna durant la période (2000 – 2015).

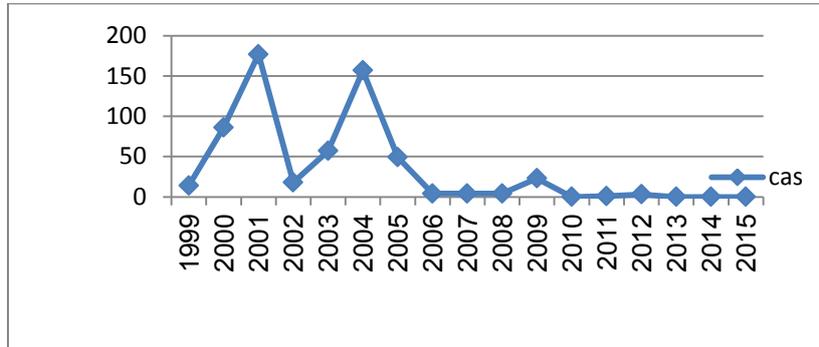
Année	Fièvre typhoïde	Hépatite Virale	dysenterie	choléra
2000	89	40	00	00
2001	177	79	00	00
2002	18	60	06	00
2003	57	10	00	00
2004	157	10	00	00
2005	49	14	00	00
2006	04	40	00	00
2007	04	29	00	00
2008	04	22	00	00
2009	23	28	00	00
2010	00	52	00	00
2011	01	64	00	00
2012	03	105	00	00
2013	00	174	00	00
2014	01	197	00	00
2015	00	57	00	00
<b>Total</b>	587	981	06	00

Source : DSP (2015)

### 3-1 la fièvre typhoïde dans la wilaya de Batna

La situation épidémiologique de la fièvre typhoïde a montré que la wilaya de Batna a été un foyer endémique le pic le plus élevé a été enregistré en 2004 avec 157 cas dans la ville de Batna (figure.21) .Cette importante épidémie à Batna-ville représente 40,18% du taux national.

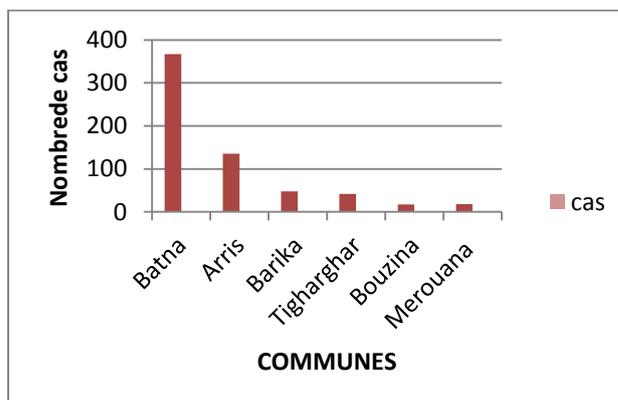
**Figure 21 :** Evolution de cas déclarés de typhoïde dans la wilaya de Batna (1999-2015)



D’après le tableau ci-dessus on constate que la fièvre typhoïde représente 37.27 %de l’ensemble des maladies à transmission hydrique. Les deux dernières épidémies : la première est survenue avril 2005 dans la ville de Batna avec 42 cas hospitalisés et une prédominance masculine (70 %), presque la moitié des cas était des personnes âgés de moins de 20 ans, la deuxième épidémie en 2009 où la wilaya de Batna enregistre 11 %des ensembles de cas en Algérie. Elle enregistre une hausse de son incidence annuelle. Elle est passée de 0,36 en 2008 à 7,78 cas pour 100.000 habitants en 2009. Au cours du mois de mars 2009, la wilaya a connu une épidémie de fièvre typhoïde, l’incidence était alors de 7,15 cas pour 100.000 habitants. L’épidémie a touché un quartier de la commune de Batna. L’éclosion de l’épidémie est liée probablement à la vétusté du réseau d’AEP et d’assainissement. Grâce à la surveillance épidémiologique et aux mesures de prévention, le nombre de cas a baissé les dernières années une dizaine de cas sporadiques ont été enregistrés en dehors des épidémies.

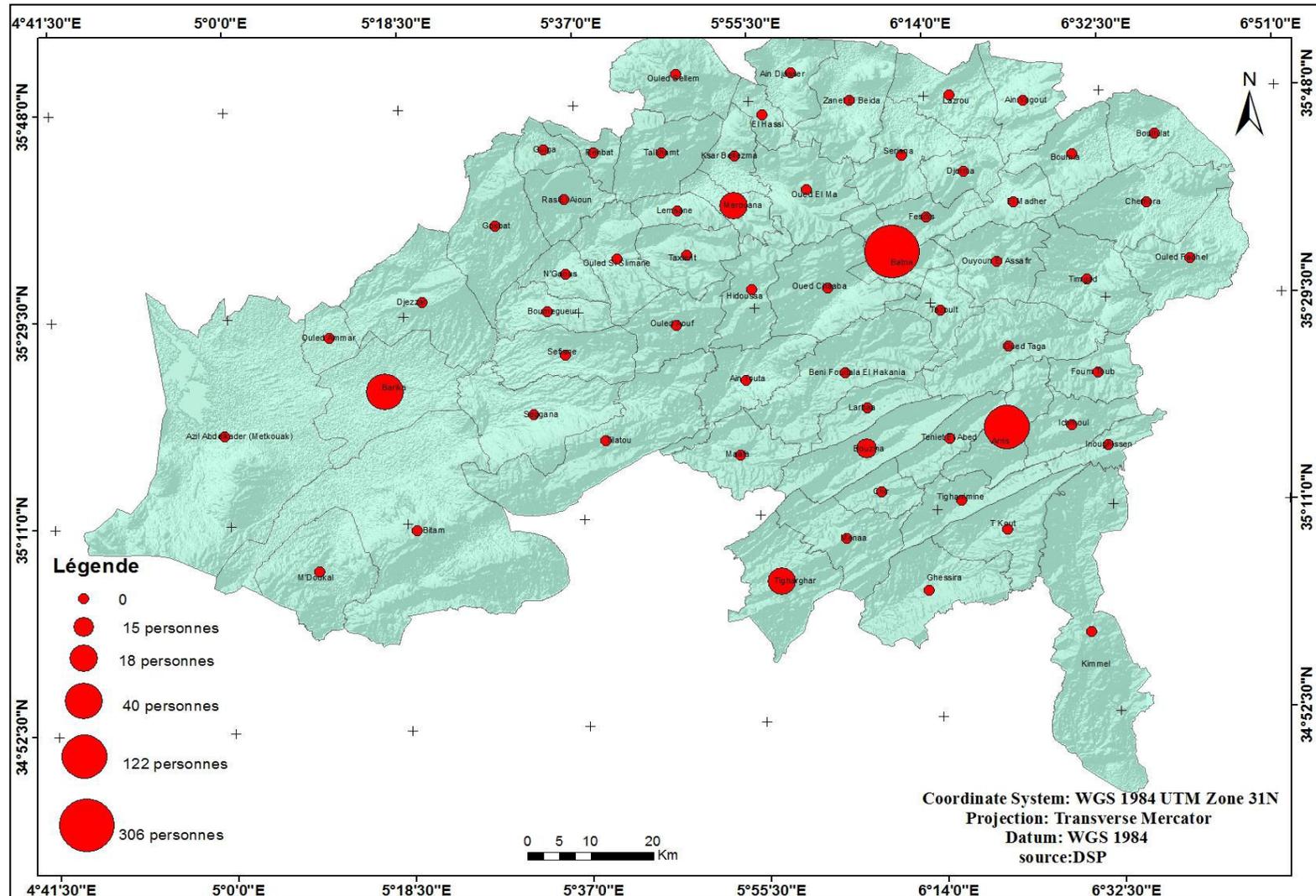
Les communes suivantes:( Batna, Arris, Barika, Bouzina, Tigharghar, Merouana) situées dans le territoire de la wilaya sont classées à haut risque puisqu’elles enregistrent de nombreux cas d’atteintes de fièvre typhoïde.

**Figure.22 :** Répartition spatiale des cas de la fièvre typhoïde par commune (1999-2015)



Carte N°11

Répartition spatiale des cas de typhoïde dans la wilaya de Batna (1999-2015)



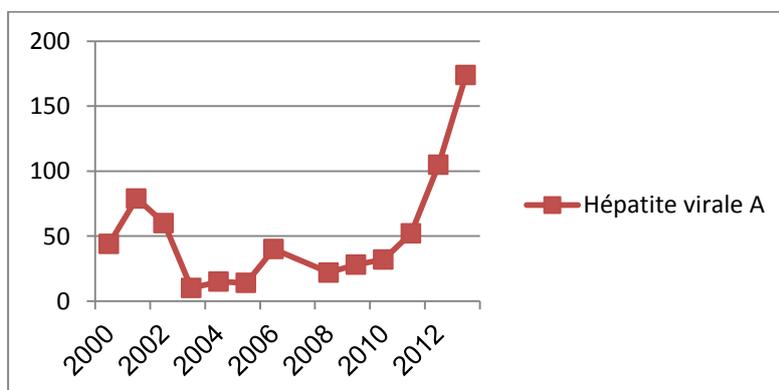
Parmi les causes principales qui ont entraîné l'apparition des épidémies on distingue :

- Infiltration des eaux usées dans les puits individuels et les sources, c'est l'origine d'épidémie de fièvre typhoïde survenue à Arris.
- Irrigation des cultures par les eaux usées.
- Cross-connexions au niveau des réseaux d'AEP et d'assainissement (Annexe 4).
- Non respect aux normes de réalisation des réseaux.
- Branchements illicites
- Vétusté des réseaux, le système de distribution souffre des cassures dans les vieux quartiers, les cassures sont dues soit aux travaux de canalisation (téléphone, gaz, assainissement), soit à la corrosion des conduites, plusieurs analyses bactériologiques ont permis de mettre en évidence les effets néfastes de la vétusté du réseau sur la qualité de l'eau distribuée. La vétusté des conduites entraîne des « cross--connexions » responsables de pollution donc d'augmentation de la fréquence de maladies comme la fièvre typhoïde voire des diarrhées chroniques. Selon Lee et al 2016 les problèmes d'eau et l'assainissement sont les principaux facteurs de risque d'infection par la typhoïde.

### 3-2-Evolution des cas d'hépatite virale « A » dans la wilaya de Batna

En 2013 la wilaya de Batna enregistre encore le taux d'incidence plus élevé et ceci malgré l'amélioration de la situation. L'hépatite « A » est associée à des approvisionnements en eau insuffisants ainsi qu'à un assainissement et une hygiène de mauvaise qualité, entraînant une infection et une inflammation du foie.

**Figure .23 : Evolution des cas d'hépatite A dans la wilaya de Batna (2000-2012)**



#### 4- Les maladies à transmission hydrique dans la ville de Batna :

La ville de Batna comme de nombreuses villes en Algérie, vit durant plusieurs années une situation épidémiologique caractérisée par la propagation des maladies épidémiques dans la plus répandue reste sans doute la fièvre typhoïde.

##### 4-1- Les quartiers touchés par la fièvre typhoïde :

La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique l'insuffisance des ressources hydriques, urbanisation anarchique, vétusté des réseaux, ont favorisé depuis des années des foyers épidémiques des M T H en particulier de la fièvre typhoïde, à travers les quartiers suivants : Bouakal – Douar Diss – Terrain Zeddami – Z'mala – Bouzourane – Parc à fourrage - centre ville (voir tableau.24).

**Tableau 24 : Les quartiers touchés par la fièvre typhoïde durant la période (1999 – 2015).**

Quartier	Année	Nombre de cas déclarés	Les causes de la maladie
Bouakal et Douar Diss	1999	14	Cross- connexion
Bouakal	2000	86	Cross- connexion
Bouakal ,Bouzourane , Parc à fourrage	2001	16	Cross- connexion
Bouakal , Douar Diss	2002	10	Cross- connexion
Z'mala ,Bouakal , Terrain ,Zéddami	2004	157	Cross -connexion
Centre ville	2005	49	Cross -connexion
Cité Annacer	2009	23	Cross -connexion

Source : DSP (2015)

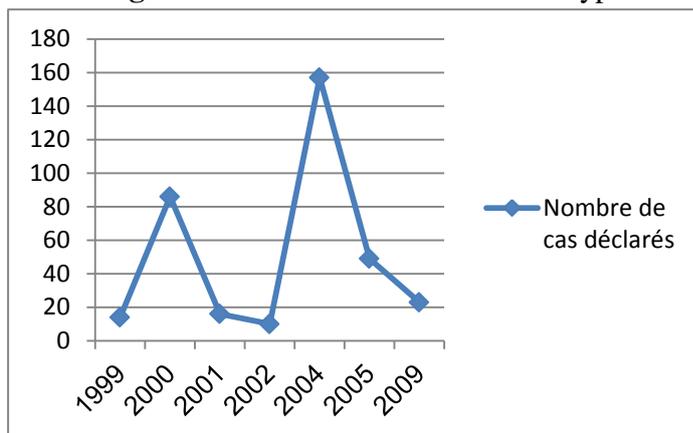
D'aprèsle tableau.24 on remarque que les foyers épidémiques surviennent chaque année à Bouakal , le quartier informel le plus grand à Batna en surface et en population.

Parmi les facteurs favorisant des M T H dans ce secteur on distingue :

- vétusté du réseau secondaire d'A E P qui est conçu en amiante ciment
- branchements illicites qui ont entraîné des cross-connexions.
- Canalisations superposées et vétustes.

- Distribution d'eau à la population est irrégulière ceci engendre une multitude de mode d'approvisionnement en eau qui sont autant de risques de contamination et donc foyers épidémiques non maîtrisables.
- Une forte poussée démographique
- L'urbanisation anarchique (le non respect des normes a généré de multiples problèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement).

**Figure .24 :** Evolution de la fièvre typhoïde dans la ville de Batna (1999-2009)



Grâce à la surveillance épidémiologique et aux mesures de prévention notamment les opérations de rénovation de réseau de distribution d'eau potable des quartiers touchés par les M T H et les quartiers exposés aux risques de contamination, le nombre de cas a baissé ces dernières années, quelques cas sporadiques ont été enregistrés en dehors des épidémies

**Tableau. 25** : Les trois dernières épidémies déclarées à Batna (2004, 2005, 2009)

Année	Quartier touché	Nombre de cas de fièvre typhoïde confirmés	Les causes de la contamination	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau
2004	Terrain Zeddami, Bouakal et Z'mala	157	L'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross-connexion), contamination des puits individuels	présence de 1400 coliformes fécaux / 100 ml
2005	Allées Ben Boulaid Centre ville	42	L'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross-connexion) -branchement illicites -vétusté de réseau	présence de 1400 coliformes fécaux / 100 m
2009	Cité Nacer	23	L'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross-connexion) -vétusté de réseau	présence de 1400 coliformes fécaux / 100 m

Source : DSP 2015

**4-2- Les principales mesures prises pour lutter contre ces graves épidémies dans la ville**

Condamnation définitive des puits individuels dont les résultats bactériologiques révèlent la présence de 1400 coliformes / 100 ml et chaulage des puits récupérables dont la colométrie varie entre 75 et 460 coliformes totaux / 100 ml.

- Surveillance et contrôle des eaux potables par tests de chlore et analyses bactériologiques.
- Opération de rénovation de tout le réseau de distribution d'eau potable des quartiers touchés par les M T H et les quartiers exposés aux risques de contamination.

**Conclusion :**

Les maladies à transmission hydrique (le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries, hépatite virale « A ») sont en terme de morbidité les premières maladies à déclaration obligatoire notifiées au ministère de la santé.

La wilaya de Batna est considérée comme une zone à haut risque puisqu'elle enregistre de nombre cas d'atteintes des M T H surtout un nombre élevé de cas de la fièvre typhoïde et d'hépatite virale « A ». Parmi les facteurs qui favorisent l'apparition des épidémies on distingue :

- ✓ Urbanisation rapide et anarchique (branchement illicite, non respect aux normes de réalisation des réseaux....)
- ✓ Vétuste des réseaux.
- ✓ Infiltration des eaux usées dans les puits individuels.
- ✓ Irrigation des cultures par les eaux usées
- ✓ Insuffisance des ressources en eau potable engendre une multitude mode d'approvisionnement en eau, qui sont autant de risques de contamination et donc des foyers épidémiques non maîtrisables.
- ✓ L'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP« cross-connexion » reste le facteur le plus favorisant des foyers épidémiques.

Grâce à la surveillance épidémiologique et aux mesures de prévention, le nombre de cas a baissé les dernières années .Un nombre de cas sporadiques ont été enregistrés en dehors des épidémies.

# CHAPITRE VI

**Apport des SIG dans la spsialisation  
des cross-connexions entre  
le réseau d'AEP  
et l'assainissement**

## **Introduction**

L'un des défis majeurs des distributeurs d'eau consiste à maintenir la qualité de l'eau distribuée au robinet de l'utilisateur (Claude foret 2010). La qualité de l'eau est primordiale à la santé publique, surtout que les risques de pollution existent à chaque étape de parcours de l'eau. Lors des précipitations, l'eau ruisselle s'infiltrer et se charge en composantes de sols et des roches mères, ceux qui lui donne une identité de base, d'autres éléments liés à l'action humaine comme (les nitrates, la matière organique ; les micro-organismes, ...) peuvent entraîner une dégradation de la qualité de l'eau (Bouziani .M 2000).

Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de la wilaya Batna, nous avons essayé dans ce chapitre d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable dans cette wilaya qui est confrontée au problème de la qualité de l'eau. Les analyses ont été réalisées par :

- Laboratoire d'ADE (Algérienne Des Eaux). Les prélèvements d'échantillons destinés à l'analyse sont effectués en différents points de la wilaya.
- Laboratoire de la station de traitement et d'épuration de Batna (STEP).
- Laboratoire de la géologie (Institut des sciences de la terre et de l'univers)

Certains éléments n'ont pas fait l'objet de recherche en raison de l'indisponibilité des équipements de dosage et des réactifs spécifiques au niveau des laboratoires.

Pour établir une cartographie de la qualité des eaux destinées à la consommation et pour étudier la variation spatiale des paramètres, nous avons effectué un système d'information géographique (SIG) qui nous a permis la réalisation de plusieurs cartes thématiques relatives aux distributions spatiales de ces paramètres. Les coordonnées des points d'eau (forages) ont été recueillies à la direction des ressources en eau de la wilaya de Batna (service de la mobilisation des ressources en eau) et sur le terrain certaines coordonnées ont été relevées à l'aide du GPS.

### **1-Qualité physico-chimique de l'eau potable distribuée dans la wilaya de Batna.**

En ce qui concerne les troubles de santé éventuels liés à la présence de substances chimiques dans l'eau, il convient de rappeler qu'à l'opposé du risque microbiologique qui s'exerce à court terme, le risque chimique est essentiellement à moyen et long terme (P. Payment et al 1998). Afin de connaître certains paramètres physico-chimiques, qui pourraient être la cause de

nombreuses maladies hydriques. Le présent travail a pour objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau distribuée dans la wilaya et la détermination des sources de pollution.

### **1-1-Qualité chimique des eaux souterraines :**

Les nappes souterraines constituent les plus grandes réserves d'eau potable. Le captage d'une eau souterraine permet généralement l'accès à une ressource brute de qualité supérieure à celle des eaux de surface (Beauchamp, 2006). Il s'ensuit une eau généralement de bonne qualité, nécessitant de modestes traitements de potabilisation en comparaison à ce qui sont requis pour la plus part des eaux de surface (François Anctil 2007).

En effet, l'accroissement des populations et le développement des agglomérations, des unités industrielles et des terres cultivées ont eu pour corollaire une dégradation de la qualité des eaux souterraines et une baisse très significative des réserves qui représentent parfois les seules ressources d'eau pour l'alimentation (F. Baali A. et al 2007)

Dans cette étude les résultats des analyses chimiques mesurés sur les eaux de certains forages montrent des anomalies pour certains éléments qui préparent à une dégradation continue de la qualité de l'eau qui alimente la wilaya de Batna., et qui à long terme pourrait devenir impropre à la consommation.

### **1-2- Interprétation des résultats d'analyses chimiques :**

L'alimentation en eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règles générales d'hygiène et à toutes les mesures propres à préserver la santé de l'homme.

Les résultats des analyses sont comparés avec les normes de l'OMS et les normes nationales sur lesquels nous nous baserons (Annexe). Pour les paramètres qui n'ont pas de valeurs guides imposées on essaiera de se référer à ceux de la CCE. L'interprétation concerné chaque paramètre, ainsi qu'un aperçu concernant l'impact de ce paramètre sur le consommateur du point de vue sanitaire. La présentation des éléments analysés sera faite de la manière suivante :

- A - Les mesures physico-chimiques (PH, Température, conductivité électrique, turbidité).
- B - Les minéraux majeurs (Calcium, Sodium, Magnésium, Chlorures, sulfates, ...).
- C - Les éléments considérés comme indésirables (Cuivre, fer, Zinc, manganèse).
- D - Les substances considérées comme indicatrices de pollution (Nitrate, Nitrite,  $\text{NH}_4^+$ ).
- E - Les éléments considérés comme toxiques (Le chrome, le plomb, le cadmium).

#### **A- Les mesures physiques:**

Les qualités physiques de l'eau se basent sur des paramètres qualitatifs relativement facile à

déterminer. Ce sont des critères de plus en plus utilisés pour l'amélioration du confort du consommateur.

#### **A-1-La température :**

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Les directives du conseil des communautés européennes fixent à 12°C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine, et à 25°C la température à ne pas dépasser, l'OMS ne recommande aucune valeur, pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations (J.Rodier 1996). En ce qui concerne les échantillons analysés ils sont dans les normes pour la totalité des eaux.

#### **A-2-La conductivité :**

Selon J. Rodier (2009), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :  
Conductivité égale à 0.05µS/cm: eau déminéralisée ; Conductivité de 10 à 80µS/cm: eau de pluie;  
Conductivité de 80 à 100 µS/cm : eau peu minéralisée ; Conductivité de 300 à 500 µS/cm: eau moyennement minéralisée ; Conductivité de 1000 à 3000µS/cm : eau saline ; Conductivité supérieure à 3000 µS/cm: eau de mer (Kahoul. M et al 2014)

Pour nos échantillons les valeurs de la conductivité électrique varient entre 584 et 7385µs/cm, les valeurs plus élevées sont rencontrées dans les eaux des forages BK 04 (Barika) et les eaux de Gadaiine (Annexe 3), Cette forte minéralisation est due à la présence des sols salés. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (J.Rodier 2009).

Une eau dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l est généralement considérée comme bonne ; au-delà de 1 200 mg/L, elle devient, sauf accoutumance, assez désagréable. L'OMS

recommande pour des considérations gustatives une teneur limite de 1 000 mg/l dans l'eau destinée à la consommation humaine.

### **A-3- PH :**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité (Ghazali D. Zaid et al 2013). Le potentiel d'hydrogène exprime si l'eau est à réaction acide ou alcaline. Le PH n'a pas de signification hygiénique, mais il représente une action dans la détermination de l'agressivité de l'eau vis à vis des métaux. De ce fait, une eau trop douce est agressive vis-à-vis des canalisations; en particulier la corrosion des canalisations en plomb devient dangereuse pour la santé du consommateur (Beauchamp 2006). La nature de l'eau peut être un facteur très important de corrosion interne de la canalisation. Des interactions eau -conduite peuvent se traduire simultanément par une dégradation de la qualité de l'eau et une corrosion de l'état intérieur des conduites (Igor. Blindu 2004).

La température et le pH sont considérés comme les principaux paramètres physico-chimiques affectant la stabilité biologique dans les réseaux de distribution. Ceci s'explique par le fait que ces deux facteurs ont des conséquences directes sur le métabolisme et la croissance des microorganismes (Jean-Baptiste Poitelon et al 2011)

L'OMS recommande un PH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore.

La plupart des échantillons analysés ont un pH <8 et se situent presque tous dans la plage de pH recommandé par l'OMS (6,5-8). Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement. Dans les laboratoires de routine des usines de traitement, il est mesuré et ajusté si nécessaire pour améliorer la coagulation/ floculation ainsi que pour contrôler la désinfection de l'eau (CAWST 2013).

### **A-4-Turbidité :**

La turbidité est liée à la présence des particules organiques diverses d'argile, de colloïdes, de plancton, . Les eaux troubles chargées de substances finement divisées (grains de silice, limons...) forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et les réservoirs. Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension: la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte (Ghazali .D 2013). La turbidité a son importance dans le processus de traitement de l'eau (CAWST 2013). Une turbidité supérieure

à 5 gène la décontamination microbienne. La norme d'eau potable recommandée par OMS est 5NTU (Privat. 2011).

Les résultats d'analyses de tous les prélèvements montrent que les valeurs de la turbidité des eaux souterraines sont largement inférieures aux normes de l'OMS excepté quelques échantillons.

**A-5- Dureté :**

La dureté de l'eau, ou Titre hydrotimétrique (TH), exprimée en degré français (°F), représente la teneur globale d'une eau en sels dissous de calcium et de magnésium.

Dans la plus part des eaux souterraines étudiés on a enregistré des valeurs de TH dépasse énormément la valeur guide de l'OMS (50°F). Elles dépassent même 100°F dans certains forages Ces valeurs élevées sont dues à la forte concentration de calcium et de magnésium dans l'eau.

**B- Les éléments minéraux majeurs :**

Ils sont souvent désignés sous le terme de « sels minéraux » on le rencontre naturellement en quantité notable dans les eaux (Gaujous .Didier 1995).

La présence de ces éléments en excès dans l'eau ne doit pas être négligée complètement sur le plan sanitaire.

**B-1-Calcium ( $Ca^{2+}$ ) :**

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau, sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés, les eaux très dures entraînent l'entartage des canalisations et la sécheresse de la peau, par contre les eaux très douces peuvent entraîner les problèmes de corrosion des canalisations. Les eaux potables de bonne qualité doivent renfermer 100 à 140 mg/l de calcium (Bouziani.M 2000).

Les résultats des analyses ont démontré que la majorité des eaux consommées dans la wilaya de Batna est riche en calcium (carte N°12 ), La teneur en calcium des eaux des forages Z1Bis et BK 04 (Barika) , 102 abattoir (Batna) et puits soukhal ( Fesdis) est extrêmement élevée, les valeurs sont respectivement 233,27mg /l, 274,95 mg/l et 290,98m/l .Cet excès de calcium trouve son explication dans l'environnement géologique de ces forages qui caractérisé par l'abondance des roches calcaires à l'affleurement .

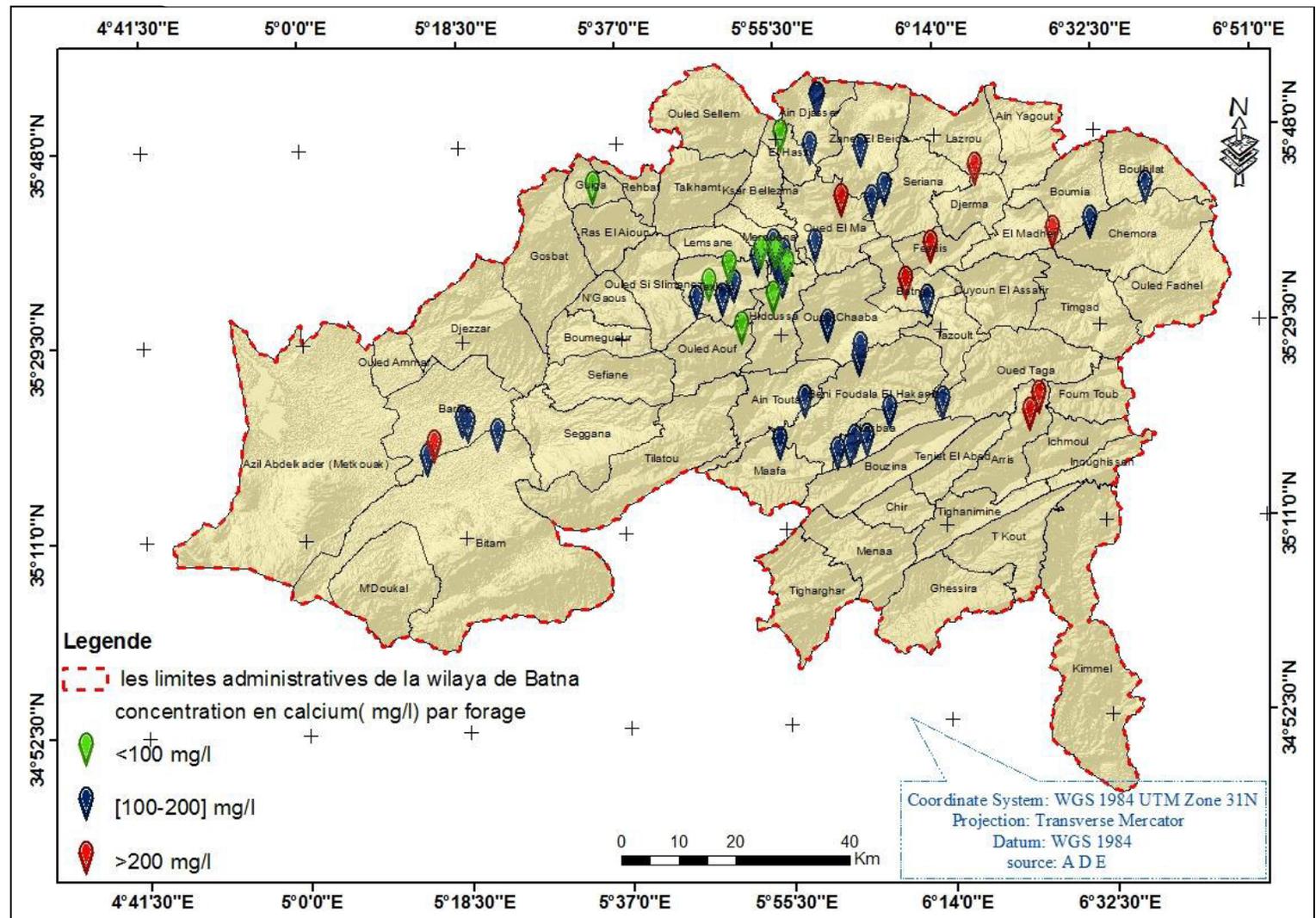
Selon Vilaginès (2003) une étude récente a constaté que la fréquence des maladies cardiovasculaires augmente de part et d'autre d'une concentration idéale de 100mg/l de calcium.

**B-2-Magnésium ( $Mg^{++}$ ) :**

La teneur en magnésium dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires, dolomitique, ..), Le magnésium constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau,

Carte N°12

Répartition spatiale des teneurs en calcium (mg/l) dans les eaux de la wilaya



c'est un élément indispensable pour la croissance. L'insuffisance de magnésium entraîne des troubles neuromusculaires, un déficit de magnésium peut aussi traduire par des manifestations cardiaques (Rodier 1996). A partir d'une consommation de 100 mg/l pour les sujets sensibles au magnésium donne un goût désagréable à l'eau. Il est présent dans les eaux de cette région à des teneurs allant de 19,20 à 267,04 mg/l. Les résultats des analyses effectués révèlent des valeurs élevées dans les eaux de forages : Soukhal à Djerma (185,83mg/l) et BK 04 à Barika (267,04mg/l).

### **B-3-les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :**

Selon l'intolérance des consommateurs l'excès de sulfates dans l'eau peut entraîner des troubles intestinaux (Bouziani.M 2000). Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées sont très variables (carte N°13). Dans certaines nappes profondes étudiées, les teneurs en ion de sulfate dépassent les normes de l'OMS (250mg/l) et même les normes algériennes (400mg/l), il atteint jusqu'à 1539mg/l dans les eaux du forage (BK04) à Barika, ce caractère sulfaté due à la présence des dépôts gypsiers dans cette région.

Si les eaux sont riches en sulfates et pauvres en oxygène à la température favorable au développement des bactéries sulfato-réductrices, avec une vive activité de corrosion ( Jean-luc Celerier et al).

### **B-4-Les chlorures :**

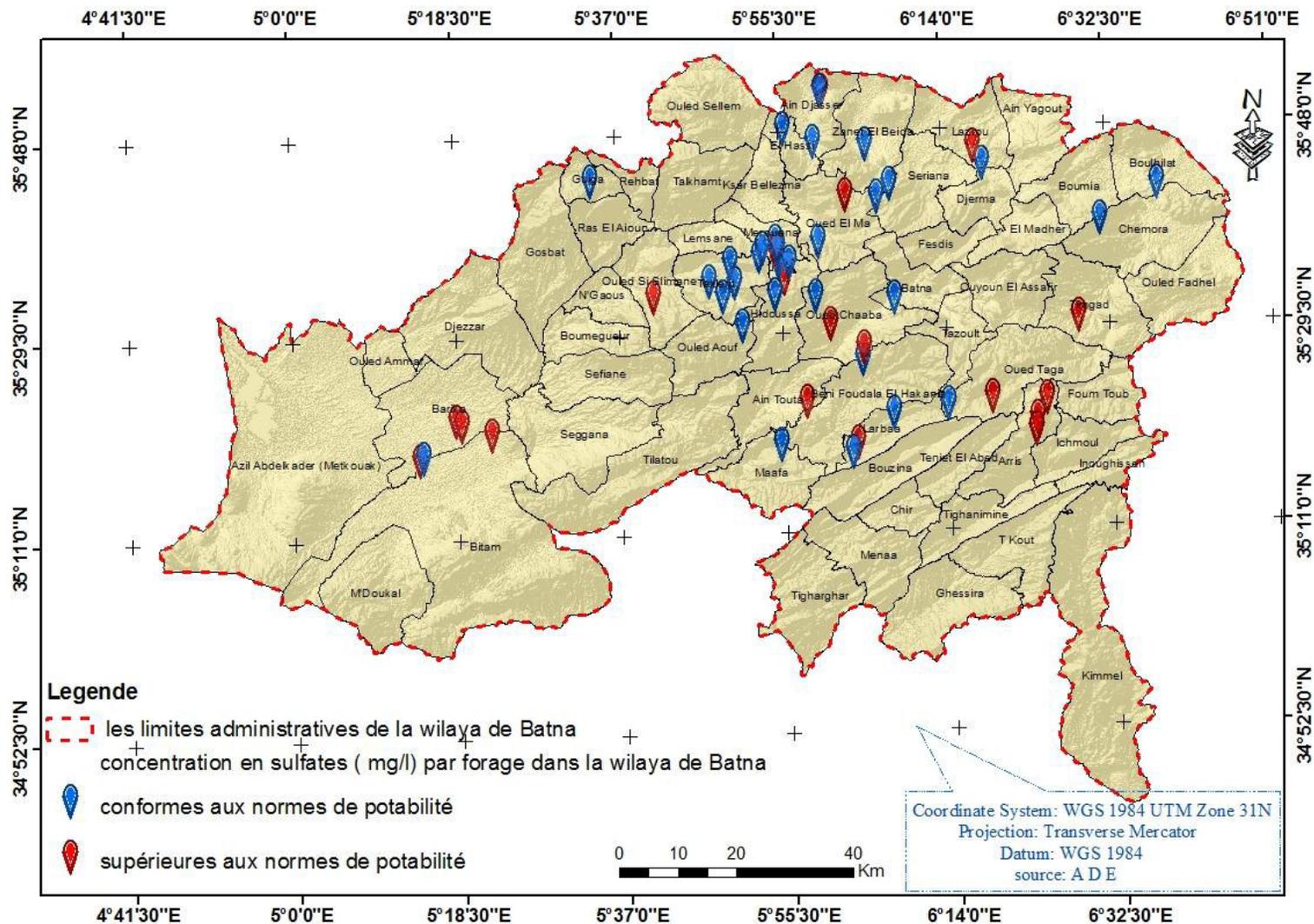
Une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Les directives de l'union Européenne et de l'OMS précisent qu'au delà d'une concentration de 200 mg/l de chlore (Cl<sup>-</sup>), des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani .M 2000) .Les valeurs élevées en chlorures ont été mesurées au niveau des forages Gadaine et BK04 et Tobna Bis (Barika) , les résultats obtenus sont de 611,44 mg/l, 884,59 et 1230, 23 mg/l chose liée principalement à la nature des terrains traversés, pour le reste des forages les teneurs en chlorures sont largement inférieures aux normes de potabilité ( carte N°14).

### **B-5-Le sodium :**

Les résultats des analyses effectuées montrent que les concentrations du sodium dans les eaux souterraines extrêmement variables allant de 9 mg/l (forage Ali n'meur ) à 400 mg /l dans les eaux de Gadaine, le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant de chlorure de sodium .

Carte N° 13

Répartition des teneurs en sulfates dans les eaux de la wilaya



Les eaux souterraines de Gadaine ont une particularité de circuler dans un système aquifère alluvionnaire qui est proche des Sebka ce qui affecte leur qualité.

Une teneur importante de sodium peut favoriser les œdèmes, une hydropisie et une hypertension artérielle tandis que l'excès de potassium est susceptible de provoquer des troubles neuromusculaires et des contractions cardiaques (Bernard .R2006p).

Selon Vilagines .R (2003) une étude épidémiologique a montré qu'une eau contenant 107 mg de sodium par litre conduisant chez les adolescents d'une école américaine à une augmentation de la tension sanguine. La directive européenne a retenu pour le sodium une concentration maximale de 200 mg/l. L'absorption des quantités relativement importantes de sodium peut être dangereuse chez certains malades c'est le cas des sujets qui souffrent d'accidents vasculaires cérébraux malades, de thrombose d'hypertension de cardiopathies .Ces malades ne devraient pas consommer une eau contenant plus de 20 mg/l de sodium (J. Rodier 1984).

#### **B-6 Potassium :**

Dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L. Le seuil de perception gustative du chlorure de potassium se situe à environ 20 fois cette valeur. Certains rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d'usines d'engrais, peuvent entraîner dans l'eau des quantités de potassium (J.Rodier 2009). Les résultats des analyses effectuées sur certains échantillons d'eau montrent que les valeurs de potassium des eaux souterraines sont largement inférieures aux normes nationales.

#### **B-7-Les fluorures :**

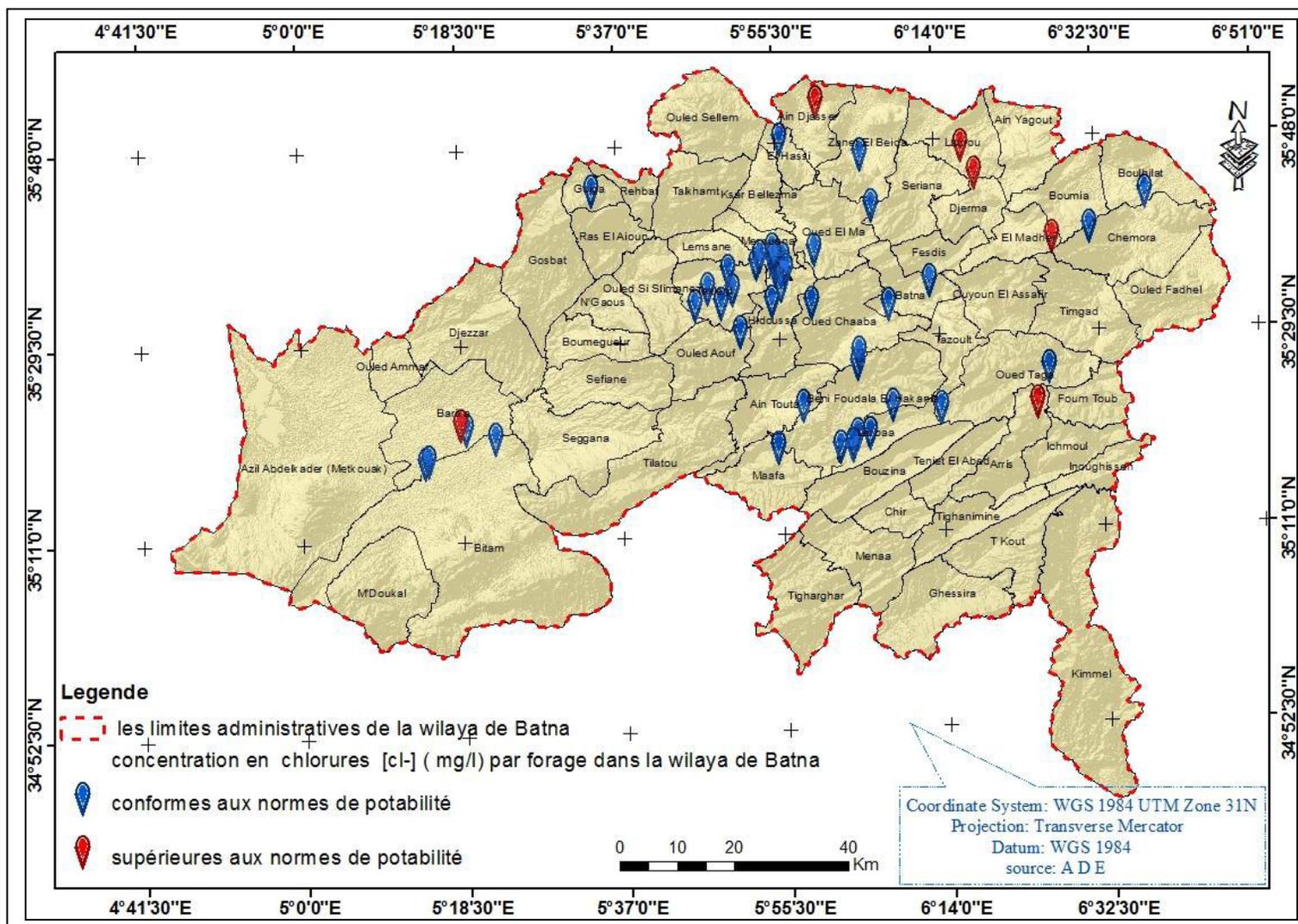
Le fluor est présent dans tous les échantillons analysés en 2007 avec des teneurs inférieures aux normes de l'OMS, les valeurs varient entre 0.32 et 0.51 mg/l (Baziz .N 2007) Selon Beauchamp (2006), la teneur en fluor dépend beaucoup du temps de contact de l'eau avec les niveaux fluorés de l'aquifère. Elle peut être élevée dans les nappes captives.

Dans l'eau destinée à la consommation, l'OMS fixe une valeur guide de l'ordre de 0.7mg /l pour une température de 25°C et 1.5mg/l pour une température de 12°C.

On considère généralement qu'une faible teneur en Fluor dans l'eau (0.4 à 1 mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protège les dents contre la carie, des doses supérieures à 1.2 mg/l de fluor dans l'eau de boisson risquent de faire apparaître des taches sur l'email dentaire

Carte N°14

Répartition spatiale des teneurs en chlorures dans les eaux de la wilaya



(Fluorose).

Dans les zones chaudes, le fluor peut être à l'origine de fluorose et d'altération dentaire (RODIER, 1996). Il faut surveiller la concentration de fluor dans l'eau de boisson, en cas de l'insuffisance en fluor, on envisage donc un apport artificiel de fluor c'est la fluoruration (ou fluoration) qui utilise divers procédés et plusieurs produits à base de fluor. L'élimination du fluor en excès dans l'eau peut être obtenue soit on ajoutant des substances ayant une affinité pour le fluor : la chaux, le sulfate d'alumine, le phosphate tricalcique ; soit par filtration sur charbon actif.

### **C- Les substances indicatrices de pollution :**

#### **C-1-L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):**

Les sels ammoniacaux sont des polluants qui proviennent des affluents domestiques, des engrais agricoles et de certaines unités industriels, dans les eaux souterraines  $\text{NH}_4^+$  est présenté fréquemment sans être indice de pollution par contre dans les eaux de surface  $\text{NH}_4^+$  présent seulement dans les eaux polluées (Valiron1994).

L'OMS recommande comme valeur limitée pour l'ammonium 0.5 mg/l, pour les échantillons analysés les teneurs en ammonium dans tous les prélèvements sont dans les normes de potabilité varient 0 à 0,2mg/l.

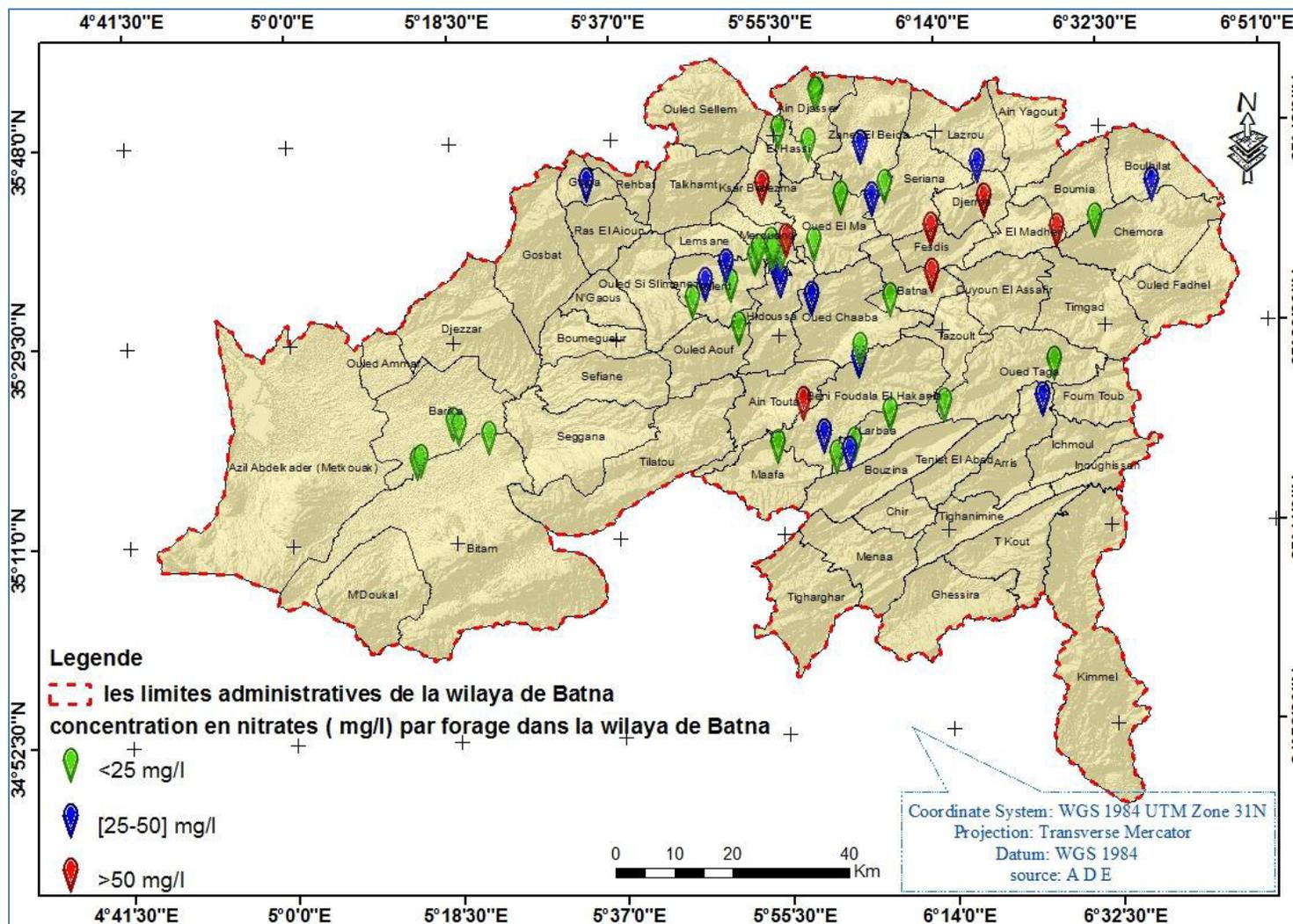
#### **C-2-Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

La présence des nitrates dans les eaux est due : à leur présence naturelle dans l'environnement, à une contamination de la ressource en eau par des activités humaines (rejets urbains ou industriels, pollution agricole due aux engrais minéraux et organiques). Chez l'enfant, la dose journalière de nitrates susceptible de développer un taux de 10 % de méthémoglobine (impliquant des risques de cyanose) serait de 10 à 15 mg de nitrates par kilogramme de poids corporel. Dans la pratique, il a été observé que 96 % des cas de méthémoglobinémie se sont produits lors de l'utilisation d'eaux contenant plus de 50 mg/l de nitrates (en  $\text{NO}_3^-$ ) provenant le plus souvent de puits (J.Rodier et al 2009).

Une eau embouteillée utilisée pour la préparation des biberons ne doit pas contenir plus de 25 mg/l (P. Payment et al 1998). En ce qui concerne les échantillons analysés on remarque que les nitrates sont présents dans tous les eaux souterraines (carte N° 15), la valeur supérieure aux normes de l'OMS a été trouvée dans les eaux des forages suivants : El Madher<sub>1</sub>, DJerma<sub>1</sub>, puits soukhal , Ouled makhoulouf (Merouana) avec des concentrations supérieures aux normes ( 50mg/l ).

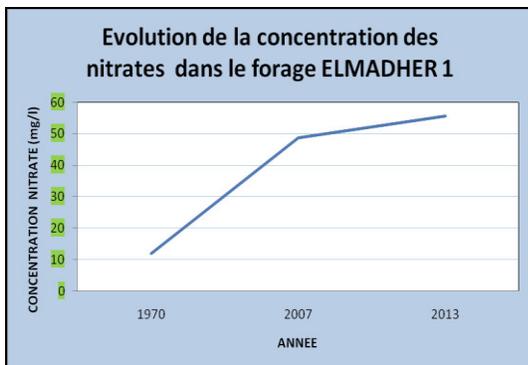
Carte N°15

Répartition spatiale des teneurs en nitrates dans les eaux de la wilaya de Batna



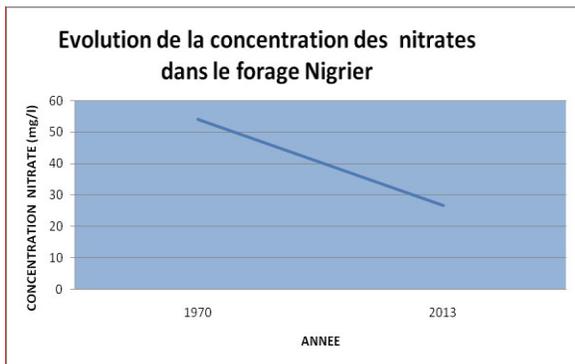
L'analyse d'un échantillon prélevé d'un puits situés dans la même plaine ( Djerma ) et même date d'analyse a montré que la concentration des nitrates est de 89.26 mg/l ce qui implique une vulnérabilité certaine de cette zone à la pollution car plus la nappe est proche de la surface plus elle est vulnérable à toute contamination de surface ( N. Knouz et al). Les pratiques de la fertilisation intense des sols dans la plaine et l'irrigation des cultures à partir des eaux usées riches en azote constituent sans nul doute les facteurs de contamination des eaux souterraines par infiltration. En effet, un des problèmes importants auquel fait face l'agriculture d'aujourd'hui est la pollution des eaux souterraines par l'azote nitrique N-NO<sub>3</sub>, surtout celle due aux applications élevées des engrais azotés dans la production intensive des cultures. Malheureusement, avec l'évolution démographique et l'industrialisation de l'agriculture, les quantités d'engrais azotés utilisées ne cessent d'accroître (A. Rhidouani et al 2000). La figure. 25 montre clairement l'augmentation des teneurs en nitrate dans le forage El Madher1, elles sont passées de 12mg /l en 1970 à 48,79 mg/l en 2007 pour atteindre 58mg/l en 2013. Ces teneurs augmentent chaque année, ce qui bien entendu inquiétant dans l'avenir. Selon Beauchamp (2006) l'eau d'une nappe ne contient pas originellement de composé azoté, c'est l'augmentation artificielle de la quantité d'azote combiné disponible dans le sol qui crée un déséquilibre entre l'apport et la consommation et produit un excès d'azote et qui est entraîné vers la nappe .selon le même auteur, la teneur en nitrate des eaux souterraines augmente en moyenne de 1 mg/l par an.

**Figure 25 :** Evolution de teneurs en nitrates dans les eaux du forage ElMadher (1970-2013)



En revanche l'évolution des teneurs en nitrates dans le forage Negrier en diminution, en effet elles sont passées de 54mg/l (1970) à 26.59 mg /l (2013), la figure.26 montre l'amélioration de la situation qui est due sans doute à l'arrêt de la source de la pollution (impermeabilisation de la ville) d'une part et le pompage contenu d'une autre Part.

**Figure 26 :** Evolution de la concentration des nitrates dans les eaux du forage Nigrier



#### **D-Les paramètres indésirables :**

A titre d'exemple, le fer , le cuivre, le zinc et le manganèse en excès peuvent être responsables selon le cas , de mauvais goût et de coloration anormale, de proliférations bactériennes dans les canalisations et de taches sur les linges aux cours de son lavage .

##### **D-1-Le fer :**

Des intoxications par absorption de sulfates de fer peuvent s'observer chez les enfants ( Bouziani 2000 ) . Tous les prélèvements sont conformes aux normes de l'OMS qui sont de 0,3 mg/l dans l'eau de boisson.

##### **D-2-Le cuivre :**

On a dosé cet élément pour les forages DJ1, M1 Riadh , forage Oued Taga ,forage Benchadi .les eaux d'une source ElMadher et la station de reprise, les analyses effectuées sur les eaux des forages révèlent des valeurs inférieures aux normes de l'OMS,.

Les normes de l'OMS pour les eaux potables sont fixées pour cet élément à une valeur de 2 mg/l pour un risque sanitaire. Le cuivre en excès peut provoquer une toxicité pour les dialysés rénaux (D.Gaujous 1995)

##### **D-3 Le Zinc :**

On a dosé le zinc pour les eaux souterraines de la plaine El Madher et les eaux mélangées de la staion de reprise de Djerma. Les résultats d'analyses montrent l'absence de cet élément dans les eaux potables.

La concentration du zinc dans l'eau peut atteindre des niveaux qui peuvent causer des problèmes de la santé, à cause des rejets d véhiculés par les cours d'eau qui renferment des concentrations très élevées.

**E- Les substances chimiques toxiques :**

L'utilisation de diverses substances pour besoins industriels a entraîné une dissémination dans le milieu naturel des différents types de résidus toxiques et de sels des métaux lourds, la présence de ces substances chimiques a une incidence directe sur la santé de l'homme et peut également mettre en danger la vie des individus. Selon les résultats des analyses effectuées montrent l'absence de ces éléments toxiques (Pb, Cd , Cr ) dans les eaux de la station de reprise de Djerma et les eaux de forages DJ1 et El Madher 1 (M1) qui alimentent la ville de Batna en eau potable. Ces eaux proviennent de la plaine El Madher qui constitue le réceptacle des rejets urbains et industriels de la ville de Batna véhiculés par Oued El Gourzi et par la suite Oued EL Madher.

Une comparaison avec les résultats d'analyses effectuées par Zouita (2001) et Baziz (2007) permet de constater des différences entre ces deux séries de mesure (tableau .26)

**Tableau .26 :** Dosage des métaux lourds dans les eaux souterraines El Madher et Djerma

Date d'analyse	Station de reprise		M1		DJ		Normes de potabilité
	2001	2007	2001	2007	2001	2007	
Pb mg/l	/	0	0	0	1,093	0	0,01
Cr mg/l	/	0	0	0		0	0,5
Zn mg/l	/	/	0	/	0,416	/	3
Cu mg/l	/	0	1	0		0	0,1-0,2
Fe mg/l	/	0,019	0,43	0,07	0,1	0,019	0,3

L'interprétation de ces deux séries d'analyses conduirait à des conclusions toute à fait contradictoires, la différence entre les 2 séries d'analyses (2001, 2007) peut être due à la méthode d'analyse et aux matériels du dosage.

La mise en service de la station d'épuration (STEP) a pour objet de diminuer la charge en matières organiques des eaux domestiques (traitement biologique), les analyses des échantillons avant et après la (STEP) montrent une baisse des paramètres (DBO5) et (DCO ) ainsi d'autres éléments chimiques.

**Tableau 27 :** Concentration des éléments chimiques des eaux usées avant et après la STEP

Eléments chimiques	Avant la STEP (mg/l)	A la sortie de la station mg/l
MES	445	45
DBO5	311	24
DCO	983	126
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> :	35,2	33,4
PO4	3,37	1,79

Source : STEP 2013

Malgré le fonctionnement de la (STEP), le problème fondamentale reste le risque de la pollution des rejets industriels qui renfermant des éléments toxiques (Voir tableau .28) surtout quand les stations d'épuration des unités industrielles sont en panne.

**Tableau. 28:** dosage des métaux lourds des eaux usées avant et après la STEP

	Eaux usées <b>avant</b> la STEP	Eaux usées <b>après</b> la STEP	Valeurs maximal
Date d'analyse	26/6/2007	26/6/2007	
Cr (mg/l)	0,05	0	0.1
Cd (mg/l)	0.455	0.057	0.2
Pb (mg/l)	0.404	0.222	1
Zn (mg/l)	0.533	0.38	5
Cu (mg/l)	0.023	0.023	3

On souligne par ailleurs que le fait de constater une présence de toxique en traces dans les eaux des forages implique une vulnérabilité certaine de ces aquifères aux polluants.

### **1-3- Interprétation des résultats d'analyses des eaux de surface :**

Les eaux de surface (Barrage) sont caractérisées par des changements très rapides sur le plan qualitatif de l'eau, ces eaux sont sensibles à la pollution, elles nécessitent toujours des traitements efficaces.

La surveillance de la qualité des eaux brutes est prise en charge par les laboratoires régionaux de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ANRH et l'ADE qui effectuent systématiquement des contrôles périodiques de la qualité physico-chimique des cours d'eaux et des eaux de barrages. Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux du barrage de Koudiat M'daouar montrent clairement que la qualité des eaux brutes du barrage est améliorée après leur traitement au niveau de la station de traitement.

#### **1-3-1-Les paramètres physiques :**

- **PH :** Les analyses des eaux brutes montrent que le PH varie entre 7.37 et 8.05, ainsi que le PH des eaux traitées varie entre 7.33 et 8,3, ces valeurs sont dans les normes de la potabilité

- **La conductivité électrique :**

La valeur de la conductivité électrique au niveau du barrage est entre de 862 us/ cm et 1032 us/ cm pour les eaux brutes ce qui signifie que cette eau a une minéralisation moyenne.

- **La température :**

La température des eaux de surface varie selon la saison, on constate que sa valeur est de 8.6°C pour le prélèvement du 17/01/2012 (période hivernal), cette valeur augmente pendant la saison chaude à 25.3° pour le prélèvement du 03/07/2012 (période estivale); la température élevée favorise le développement des micro-organismes en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs, les saveurs et active les réactions chimiques.

- **La turbidité :**

Les résultats d'analyses obtenues montrent que la valeur de la turbidité de l'eau est entre 5,29 et 2.82 NTU pour les eaux brutes, après le traitement des eaux la valeur de la turbidité n'a pas dépassé 1 NTU elle est inférieure aux normes de l'OMS (5NTU). En période de plus forte pluie les eaux du barrage sont le siège des changements très rapides en terme turbidité.

#### **1-3-2-Les anions et les cations :**

A Partir des résultats obtenus en 2013 on a constaté que les teneurs en Ca, Mg, Cl, K et Na sont

inférieurs aux valeurs limites, les teneurs en sulfates ont dépassées les normes de l'OMS (250mg/l), pour les eaux potables l'excès de sulfates dans l'eau de boisson peut entraîner des troubles intestinaux.

▪ **Les Fluorures :**

Les résultats d'analyses des eaux brutes effectuées le 27/03/ 2007 (Baziz .N 2007) montrent que la concentration des fluorures ne dépasse pas les normes de potabilité, elle est de 0,60mg/l.

▪ **Le Manganèse :**

Le Manganèse est très répandu dans la nature il est utilisé en industrie métallurgique, électrique, chimique. Les eaux du barrage ont des teneurs varient entre 0.02 à 0.264 mg /l (2007), le manganèse est souvent associé au fer. Le manganèse est nécessaire à la croissance de l'homme avec des valeurs limites de l'ordre de 10 à 50 µg / j dans l'eau de boisson puisqu'il y a d'autres apports. Les intoxications par le manganèse sont rares mais s'il y a intoxication, elle est de type neurologique (maladie de Parkinson).L'OMS indique une valeur guide pour des risques sanitaires de l'ordre de 0.5mg /l (Rodier.J)

**1-3-3-Les substances indicatrices de pollution :**

Les résultats des examens montrent que les éléments indicateurs de pollution (Nitrate, Nitrite, Ammonium, DCO, DBO<sub>5</sub>) sont dans les normes de potabilité.

**Les nitrates :** En général les nitrates peu abondants dans les eaux du surface, Dans la plupart des pays, les niveaux de nitrate des eaux de surface n'excèdent pas 10 mg/l, bien qu'ils dépassent souvent les 50 mg/l dans les eaux de puits (OMS).Les résultats d'analyses les teneurs en nitrates n'ont pas dépassé 3.53 mg/l dans les eaux traitées (Résultats d'analyses effectuées le 03/07/2012 par laboratoire de l'ADE). Les faibles valeurs en nitrates obtenues indiquent que les eaux étudiées ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les nitrates.

**DBO<sub>5</sub> :** La demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO<sub>5</sub>) n'a pas dépassé les normes pour les eaux destinées a la consommation (eaux traitées) sauf pour la valeur de 10mg/l enregistrée en mois de juin 2012 (Tableau. 29). Selon (Rodier 1996) une DBO<sub>5</sub> inférieure à 1 mg/l est considérée comme normale, entre 1et 3mg/l acceptable et au –delà de 3 mg/l comme douteuse et anormale, on signale que ce paramètre exprime la demande biochimique des micro-organismes en oxygène en 5 jours pour pouvoir dégrader les charges organiques.

**Tableau. 29** : Résultats d'analyses DBO<sub>5</sub> et DCO des eaux de barrage ( 2012)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O
DBO <sub>5</sub> mg/l	1	2	3	4	2	5	1	3	5	10	1	1
DCO mg/l	35	35	44	35	35	26	35	44	26	35	35	35

Source : laboratoire d'ADE(2012)

▪ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour oxyder les substances organiques dissoutes ou en suspension. Lorsque des matières organiques sont présentes dans l'eau leur oxydation entraîne une chute de la quantité d'oxygène dissous. Les valeurs moyennes de DCO pour tous les échantillons étudiés sont largement inférieurs aux normes de l'OMS fixées à 80 mg/l.

**1-3-4-Les substances toxiques :**

Selon (Tiri.A 2005) les analyses effectuées sur les rejets des oueds (Oued Timgad, Oued Oued Taga ) montrent la présence du Plomb (Pb) , les valeurs sont dans l'ordre de 0,47mg/ et 0,52 mg/l ,ce paramètre et autres substances toxiques (cadmium, mercure... ) Peuvent être la source de la pollution chimique des eaux brutes du barrage surtout quand les concentrations dépassent les limites admissibles .Le plomb est un métal largement utilisé dans l'industrie, aussi les risques de pollution par cet élément sont extrêmement nombreux et varies. Le plomb est un poison cumulatif responsable du saturnisme : atteinte neurophysiologique (fatigue irritabilité retard intellectuelle chez les enfants) troubles rénaux, cardio-vasculaires, hématopoïétiques (formation des globules du sang).

**2-La qualité bactériologique de l'eau**

La qualité microbienne de l'eau varie souvent rapidement et dans de très larges proportions. Les pics de courte durée de la concentration d'agents pathogènes peuvent accroître considérablement le risque de maladie et déclencher des poussées de maladies véhiculées par l'eau. En outre, de

nombreuses personnes peuvent avoir été exposées à ces agents avant que la contamination microbienne n'ait été détectée (OMS 2004).

La mauvaise qualité est due souvent à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, au manque d'entretien des ouvrages de captages, à une contamination de l'eau avant d'atteindre le robinet du consommateur ou à une défaillance du traitement de désinfection. Les techniques d'analyse microbiologique basées sur la recherche de germes indicateurs permettent la détection d'éventuelle contamination microbienne du système de distribution d'eau potable. Dès lors qu'une telle contamination est détectée, il est nécessaire de remonter à la source de cette défaillance afin d'établir les mesures correctives et préventives adéquates (Jean-Baptiste Poitelon et al 2011).

### **2-1 Principales bactéries recherchées dans l'eau :**

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale. A ce titre, elles peuvent être:

-sensibles, c'est-à-dire qu'on les rencontre assez fréquemment.

-Spécifiques, c'est-à-dire d'origine fécale stricte.

-Résistantes, c'est-à-dire qu'elles subsistent longtemps dans le milieu extérieur.

Les bactéries sont identifiées par mise en culture sur des milieux sélectifs et observations microscopiques ; par ces dernières, on caractérise la forme (ronde=cocci ; bâtonnes =bacilles) et, après coloration au bleu de méthylène, le Gram (violet =+ ; rose = -) (GAUJOUS .D 1995)

#### **2-1-1 Les Streptocoques :**

Les streptocoques fécaux (ou streptocoques du groupe D ou entérocoques) sont des témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important.

*Streptococcus faecalis* est omniprésent (ubiquitaire) dans le gros intestin de l'homme et des animaux, les égouts, le fumier.

#### **2-1-2 Les Staphylocoques :**

Ils présentent des espèces pathogènes et sont donc quelques fois recherchés dans l'eau, notamment dans les piscines.

#### **2-1-3 les coliformes :**

- **Coliformes :** Ils sont présents en très grand nombre dans l'intestin et les selles de l'homme. Ils comportent quatre genres principaux : Comprend tous les bacilles en bâtonnets gram-négatif, non sporulés qui font faire fermenter à 37°C et au moins de 24h le lactose.

Les dénombrements de ces organismes à 37°C « coliformes totaux » ; la présence de ces organismes dans l'eau est la preuve qu'elle a subi une contamination par des matières fécales.

- **Coliformes fécaux :**

Le terme de coliformes fécaux correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés caractéristiques des coliformes après incubation à la température de 44°C. Les coliformes totaux et fécaux ont longtemps été les indicateurs de choix pour évaluer la qualité de l'eau. Dans une eau brute la présence de coliformes fécaux constitue non seulement une présomption de la présence de matières fécales humaines ou animales, mais aussi une présomption de la présence des micro-organismes pathogènes de toutes sortes qui peuvent y être associés (P. Payment et al 1998).

- **Escherichia coli (colibacille) :**

Il est très présent dans la flore intestinale de l'homme et des animaux ; il est considéré comme le meilleur indice de contamination fécale récente, il peut être pathogène (colibacillose : gastro-entérite infantile) .C'est généralement la principale espèce de coliformes thermotélérants (qui poussent à 44°C). La présence d'*E. Coli* doit être considérée comme la preuve d'une contamination fécale récente (OMS 2004).

#### **2-1-4-Les Salmonelles :**

Le genre *Salmonella* comprend de nombreuses espèces pathogènes. Les salmonelles sont éliminées par les selles et peuvent contaminer les eaux. Elles provoquent chez l'espèce humaine des maladies telles que la fièvre typhoïde, la fièvre paratyphoïde .

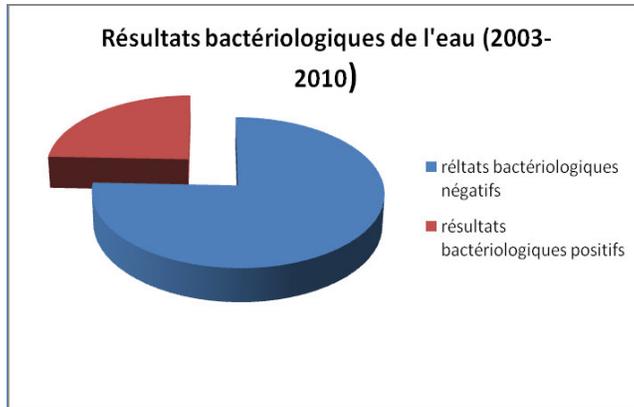
#### **2-2-Les résultats d'analyses bactériologiques de l'eau de boisson dans la wilaya de Batna (2003– 2010) :**

Les analyses réalisées par laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) .Ces services veillent à la surveillance et le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau. La présence de germes non pathogènes est surveillée avec vigilance car ils sont les indicateurs d'une contamination. La principale origine de non-conformité des eaux distribuées réside dans cette contamination de l'eau du robinet par des micro-organismes. La fréquence du contrôle bactériologique varie en fonction du volume d'eau distribué par les installations de traitement et de production et du nombre de personnes alimentées par le réseau de distribution.

En effet, comme le montre le graphique ci-dessous sur 10433 examens bactériologiques effectués 2329 examens soit (24%) se sont révélés positifs, témoignant d'une contamination certaine de l'eau destinée à la consommation humaine par les bactéries.

**Figure. 27 : Résultats bactériologiques de l'eau potable distribuée dans la wilaya**

(2003-2010)



Source : DSP+ ADE 2015

**Tableau .30:** Résultats des analyses microbiologiques de l'eau potable dans la wilaya de Batna (2003 – 2010).

Année	Nombre d'analyses total	Nombre négative	% d'eau propre	Nombre positif	% eau impropre à la consommation
<b>2003</b>	<b>321</b>	<b>303</b>	<b>94,39</b>	<b>18</b>	<b>5,60</b>
<b>2004</b>	<b>592</b>	<b>422</b>	<b>71,28</b>	<b>170</b>	<b>28,71</b>
<b>2005</b>	<b>1708</b>	<b>1311</b>	<b>76.75</b>	<b>397</b>	<b>23.24</b>
<b>2006</b>	<b>1609</b>	<b>1134</b>	<b>70.47</b>	<b>475</b>	<b>29.59</b>
<b>2007</b>	<b>1504</b>	<b>1191</b>	<b>79.18</b>	<b>313</b>	<b>20.81</b>
<b>2008</b>	<b>1025</b>	<b>766</b>	<b>74.73</b>	<b>259</b>	<b>25.26</b>
2009	458	378	82.53	80	17.46
<b>2010</b>	<b>3216</b>	<b>2599</b>	<b>80.81</b>	<b>617</b>	<b>19.18</b>

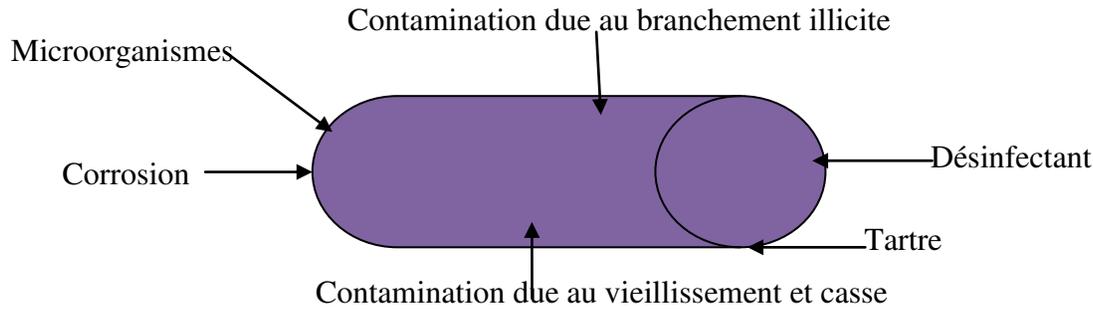
Source: ADE (2015)

Les eaux souterraines sont souvent d'une grande pureté bactériologique, cette qualité se dégrade au fur et à mesure, dans le réseau de distribution et avant d'atteindre le robinet du consommateur.

Le réseau de distribution de l'eau potable est souvent décrit comme un véritable réacteur (Figure .28), où l'eau et son contenant (conduite, ...) sont le siège d'interactions

physicochimiques et biologiques (Celerier Jean-Luc et al 2009).

**Figure . 28 : le réseau de distribution est un véritable réacteur**



Les pollutions sur réseau sont beaucoup plus fréquentes que sur les installations et, du fait de l'absence de moyen de détection et de barrières, la probabilité qu'elles conduisent à des effets de santé est 2 à 3 fois plus élevée que pour les pollutions survenant à l'amont (Beaudeau et al 2007). La qualité de l'eau de boisson étant variable à travers le réseau, l'évaluation doit avoir pour objectif de déterminer si la qualité finale de l'eau fournie au consommateur répond quotidiennement aux objectifs sanitaires fixés (OMS 2004). Une bonne distribution résulte donc d'un transit de l'eau sans aléas tous le long du réseau (Celerier Jean-Luc et al 2009).

La mauvaise qualité bactériologique de l'eau de boisson à Batna (tableau.31) est due à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross – connexion), ce facteur reste le plus favorisant des foyers des maladies hydriques notamment la fièvre typhoïde.

**Tableau. 31:** Résultats des analyses microbiologiques de l'eau potable dans la wilaya de Batna par mois (2016).

Mois	Nombre total des analyses effectuées	Nombre Conforme aux normes	Taux de conformité (%)
Janvier	447	420	93.95
Février	428	404	94.39
Mars	373	355	95.17
Avril	387	373	96.37
Mai	393	366	93.12
Juin	422	386	91.46
Juillet	417	324	77.6
Aout	582	503	86.4
septembre	550	473	86
Octobre	601	517	86.02
Novembre	635	600	94.4
Décembre	541	494	91.31

**2-3-Nombre d'abonnés touchés par la pollution de l'eau de boisson dans la wilaya**

**(2012-2015)**

Les zones les plus exposées au risque de pollution sont surtout les centres urbains touchés par les MTH (Batna, Barika et Merouana). Les contaminations de l'eau sont fréquemment rencontrées dans ces centres urbains. En absence de contrôle et surveillance, ces zones peuvent avoir des conséquences dramatiques sur le plan sanitaire

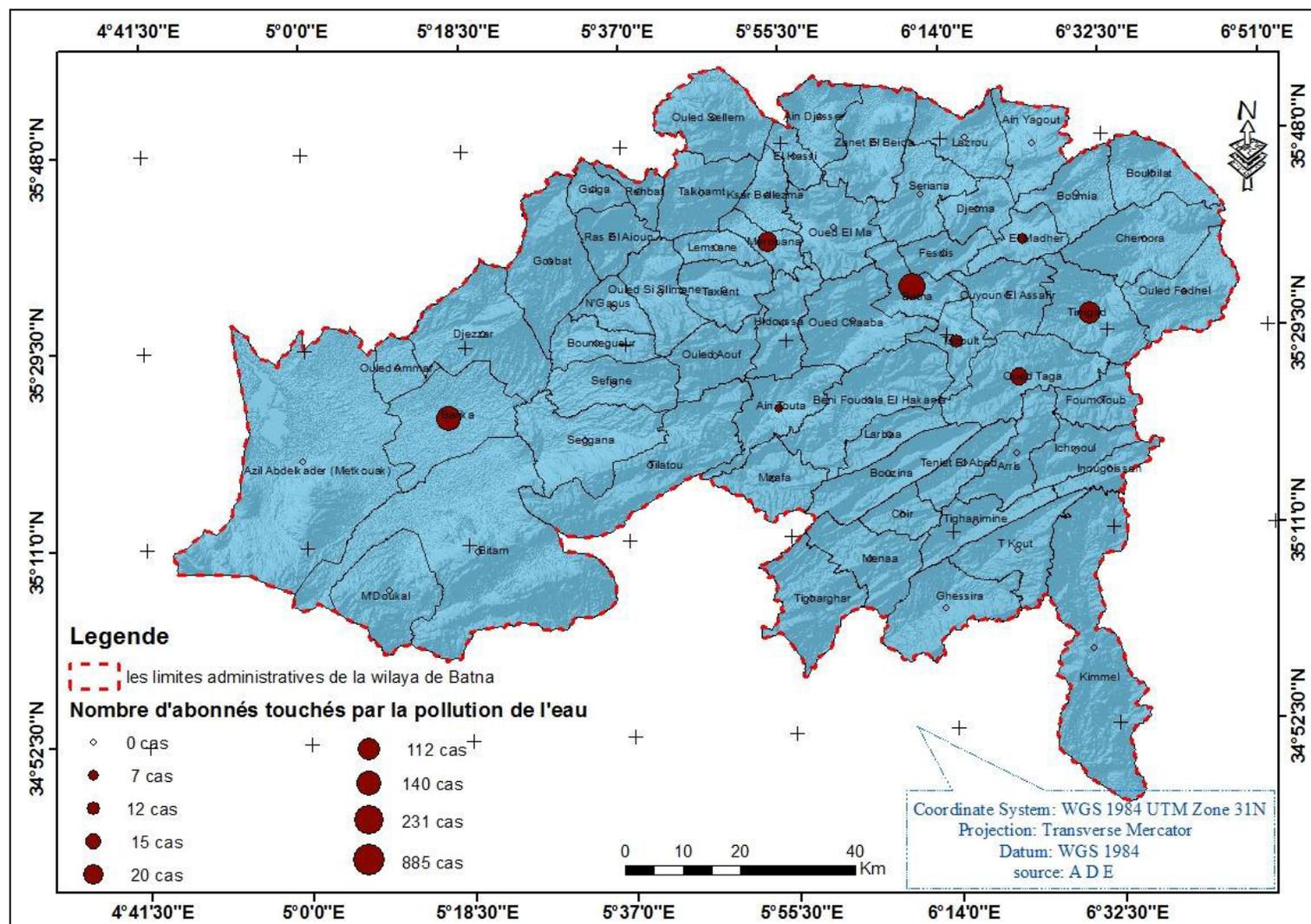
Les analyses bactériologiques de l'eau effectuées par le laboratoire de l'algérienne des eaux (2012-2015) dans le cadre de la surveillance hygiénique et le contrôle bactériologique de l'eau au niveau de la wilaya ont confirmé la présence des germes dans l'eau distribuée dans ces centres urbains.

**Tableau 32 :** Nombre de cas de pollution de l'eau enregistrés dans la wilaya de Batna (2012-2015)

<b>Centre urbain touché par la pollution</b>	<b>Nombre d'abonnés touchés par la pollution</b>	<b>Les causes de la contamination</b>
<b>Batna</b>	569	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)
<b>Barika</b>	173	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)
<b>Merouana</b>	76	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)
<b>Timgad</b>	112	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)
<b>Tazoult</b>	7	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)
<b>Chaaba</b>	15	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross connexion)

Carte N° 16

Répartition spatiale des cas de pollution dans la wilaya (2012-2015)



La prolifération microbienne dans les réseaux de distribution constitue un souci majeur pour les producteurs et distributeurs d'eau potable. La stabilité biologique dans les réseaux est basée sur l'interaction complexe de différents facteurs, comprenant des paramètres physicochimiques, le fonctionnement et la nature des ouvrages ainsi que l'écologie microbienne (Jean-Baptiste et al 2011).

**2-4-La qualité bactériologique des eaux du barrage ( Koudiat Medouar) :**

Les eaux superficielles (eaux du barrage) sont plus fréquemment contaminées, elles se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution microbiologique, elles doivent obligatoirement faire l'objet de plusieurs procédés de traitements et de désinfection. La qualité microbiologique de l'eau brute et changement dans la concentration microbienne fournissent des renseignements permettant de prendre des décisions concernant le traitement de l'eau (Nigel Francis Lightfoot 2002).

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de barrages montrent clairement que l'eau traitée distribuée au consommateur est en bonne qualité bactériologique ça est due à l'efficacité de la désinfection au niveau de la station du traitement, la stérilisation de l'eau vise à tuer et inactiver les germes pathogènes susceptibles de causer des graves maladies hydriques

**Tableau 33:** Taux moyen des coliformes totaux à 35° dans les eaux de barrage 2010

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O
<b>Eau brute</b>	1340	2220	2905	1597	145	145	175	78	824	413	1054	1526
<b>Eau traitée</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Source : ADE 2010

Le laboratoire de l'unité ADE veille sans arrêt et de manière régulière au suivi et contrôle de la qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine.

**Tableau.34** : Taux moyen des coliformes fécaux à 45° dans les eaux de barrage (2010)

<b>mois</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>O</b>
<b>Eau brute</b>	19	27	6	5	1	2	1	3	3	2	8	13
<b>Eau traitée</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

L'absence des coliformes fécaux dans les eaux traitées du barrage est due à l'efficacité de la désinfection au niveau de la station de traitement.

## **Conclusion :**

Dans la wilaya de Batna, le problème fondamentale de la qualité de l'eau reste encore et très loin le péril microbiologique, nombreuses analyses effectués montrent clairement que la qualité de l'eau potable se dégrade au fur et à mesure dans le réseau de distribution avant d'atteindre le robinet du consommateur. Les villes exposées à haut risque de contamination bactérienne sont surtout la ville de Batna et Barika. La mauvaise qualité bactériologique de l'eau de boisson dans la wilaya de Batna est due à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross – connection), ce facteur reste le plus favorisant des foyers des maladies hydriques notamment la fièvre typhoïde.

Parmi les facteurs favorisant les maladies à transmission hydrique.

- l'urbanisation anarchique (branchement illicite).
- vétuste des réseaux d'AEP et d'assainissement.
- insuffisance des ressources en eau potable.
- Vulnérabilité des matériaux de conduites de distribution.

# CHAPITRE V

**Analyse et modélisation de la vulnérabilité  
aux maladies  
à transmission hydrique dans  
la ville de Batna**

**Introduction :**

Les applications fondées sur les SIG et les méthodes d'analyse spatiale se multiplient en épidémiologie et en géographie de la santé. Ceci est le résultat de la prise de conscience de l'intérêt de mieux cibler les populations et les espaces à risques en santé publique. Les disciplines concernées par l'étude des maladies ou des disparités socio-spatiales de la population ont évolué. Si l'épidémiologie, la statistique, la géographie, la géomatique restent encore cloisonnées, elles se rejoignent dans ce que l'on nomme en anglais « healthgeomatic » « environmentalhealth » ou encore « diseasemapping ». Cette nouvelle géo-épidémiologie regroupe les chercheurs qui désirent travailler sur la localisation des maladies dans l'espace, leur organisation spatiale, leur diffusion et la recherche des facteurs de risques environnementaux ou plus généralement les relations entre environnement et santé (Charlotte .R 2006).

Pour estimer et spatialiser le niveau de risque et pour mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité au risque des MTH dans le temps et l'espace dans la ville de Batna confrontée au problème de qualité de l'eau potable de point de vue microbiologique due à de nombreux cas d'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross- connexion) , nous nous basons sur une méthode d'évaluation de la vulnérabilité par indice numérique couplée avec un Système d'Information Géographique (SIG). Plusieurs méthodes ont été développées pour l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution. Parmi ces approches, la méthode DRASTIC, la plus utilisée dans le monde, développée par les services de l'Agence américaine de protection de l'environnement USEPA (ALLER et al 1987), c'est une méthode d'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque verticale à la pollution des aquifères par systèmes paramétriques; le principe commun de ces systèmes consiste à sélectionner préalablement les paramètres sur lesquels se base l'évaluation de la vulnérabilité. Chaque paramètre est subdivisé en intervalles de valeurs significatives et affecté d'une cotation numérique croissante en fonction de son importance dans la vulnérabilité (Hamza. M et al 2008).

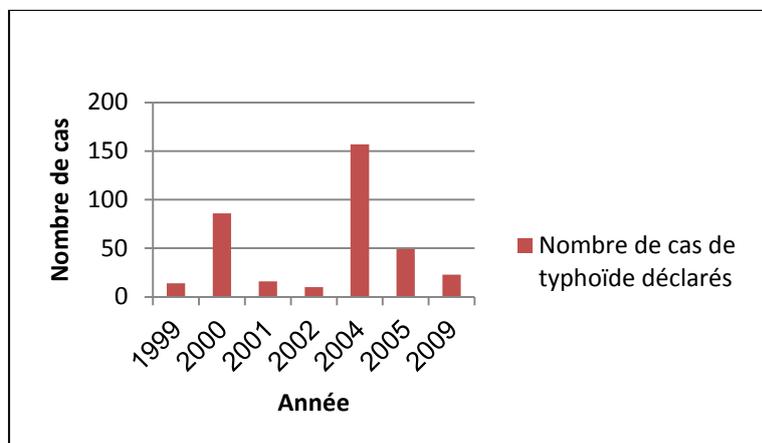
Dans la présente étude nous allons présenter une méthode d'estimation de la vulnérabilité au risque de maladies à transmission hydrique (MTH) dans la ville de Batna (Baziz et al 2015). Cette approche peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable en tenant compte des cinq paramètres influents sur la vulnérabilité (Age des réseaux, forme urbaine, type de matériaux des conduites, densité démographique, fréquence de distribution de l'eau). Les cartes de synthèse, issues de la spatialisation de ces paramètres,

permettent de visualiser les principales zones à risque de contamination de l'eau distribuée dans la ville.

### **1-La fièvre typhoïde dans la ville de Batna :**

Dans la ville de Batna le risque de maladie microbienne associée à l'eau potable est actuellement un sujet hautement prioritaire pour les autorités responsables de la gestion des eaux. Les nombreuses éclosions des foyers d'épidémie observées par le passé, parallèlement à la parution d'autres plus récentes donnent à penser que l'eau potable pourrait contribuer de façon significative aux maladies endémiques. La fièvre typhoïde sévit durablement dans cette ville. Certaines années sont tristement marquées par l'ampleur de la contamination. (figure.29).

**Figure. 29:** Nombre des cas de la fièvre typhoïde déclarés dans la ville de Batna (1999-2009).



La propagation de cette maladie due à la mauvaise qualité bactériologique de l'eau liée aux divers facteurs tel que : une urbanisation rapide et anarchique non maîtrisable, vétusté des réseaux, une démographie galopante aggravée par une insuffisance quantitative des ressources hydriques et surtout la gestion de l'eau ne relie pas les aspects qualitatifs de l'eau aux problèmes de la santé humaine et environnement (Bouziani.M 2000). En effet les résultats d'analyses bactériologiques effectuées tout au long du cycle hydraulique de la source au robinet en passant par le réseau, dénotent une situation de dégradation continue de la qualité bactériologique de l'eau alimentant la ville de Batna. Les résultats ont confirmé nos présomptions sur la qualité de la gestion de cette ressource et nous a montré combien l'espace urbain Batneen est entaché d'incohérence tant du point de vue de la trame urbaine que des réseaux associés (tableau .35).

**Tableau .35** : Résultats d’analyses bactériologiques de l’eau potable dans la ville de Batna (avant les opérations de la rénovation).

Secteur urbain	Nombre total	Nombre conforme aux normes	Nombre non conforme aux normes	% d’eau impropre à la consommation
Centre ville	94	56	38	40.42
(Z’mala,Cité-	363	243	120	33.05
<b>Bouakal</b>	243	131	112	46.09
<b>Kechida</b>	201	112	89	44.27
<b>Chouhada</b>	150	100	50	33.33
<b>Bouzourane</b>	75	41	34	45.33
Parc à forage	118	70	48	40.67
Route de Tazoult	27	19	8	29.62
ZHUN 1	105	80	25	23.80
ZHUN 2	158	111	47	29.74

D’après la lecture du tableau.35, on constate que les secteurs Kechida, Parc à forage et Bouakal enregistrent un taux élevé d’eau impropre à la consommation par rapport à l’ensemble de la ville. La mauvaise qualité bactériologique de l’eau de boisson dans ces quartiers est due essentiellement à l’infiltration des eaux usées dans le réseau d’AEP (cross – connexion). Ceci est lié à la convergence de plusieurs facteurs aggravants dont les effets cumulés expliquent l’état de vulnérabilité. Ces quartiers sont généralement des quartiers densément peuplés et occupés de façon anarchique sans aucune planification préalable (MpakamHernanie et al ,2006).

Pour mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité dans le temps et l’espace,il sera nécessaire d’effectuer une spatialisation cartographique des différents paramètres influant sur le niveau de vulnérabilité. La carte de risque MTH fait ressortir l’hétérogénéité territoriale (spatiale) de l’exposition à travers la spatialisation des différents facteurs à risque et les vulnérabilités induites. L’approche indicielle des paramètres de vulnérabilité spatialisés génère un nombre important de variables dont l’interaction nécessite la mise en œuvre de base

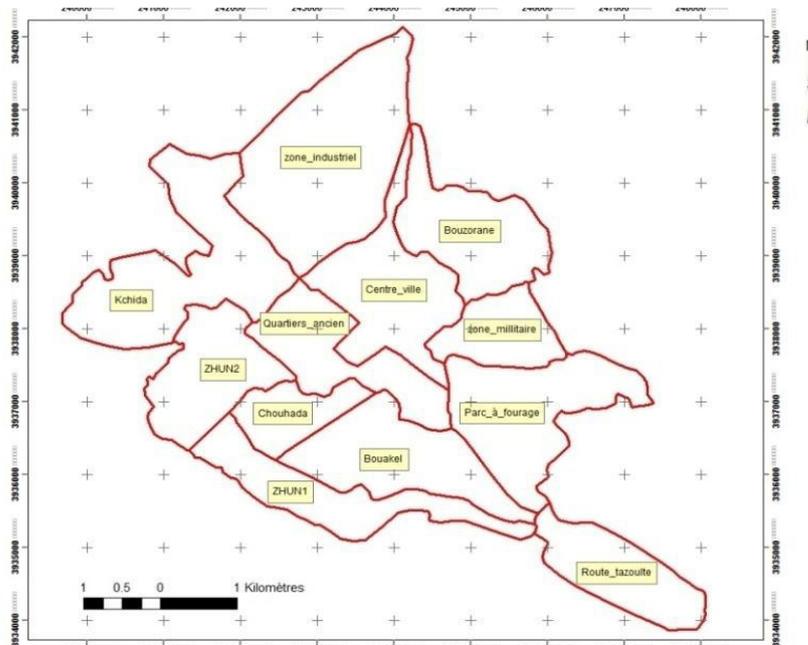
de données géo référencées associées à un SIG, ce qui permettra la conception des scénarios modélisés du risque MTH et ses impacts sur l'espace urbain.

## **2- Méthodologie de travail :**

La méthodologie proposée est structurée en plusieurs étapes regroupées au sein de trois parties définies comme suit.

- a) Caractérisation détaillée des secteurs urbains à cartographier (carte N° 17) notamment l'identification des paramètres urbains et socioéconomiques qui interviennent dans le phénomène de contamination de l'eau potable, provoquant donc les foyers des MTH (Identifier les données géographiques susceptibles d'aider à l'identification des zones vulnérables à la pollution).

### **Carte N°17 : Les secteurs urbains de la ville de Batna**



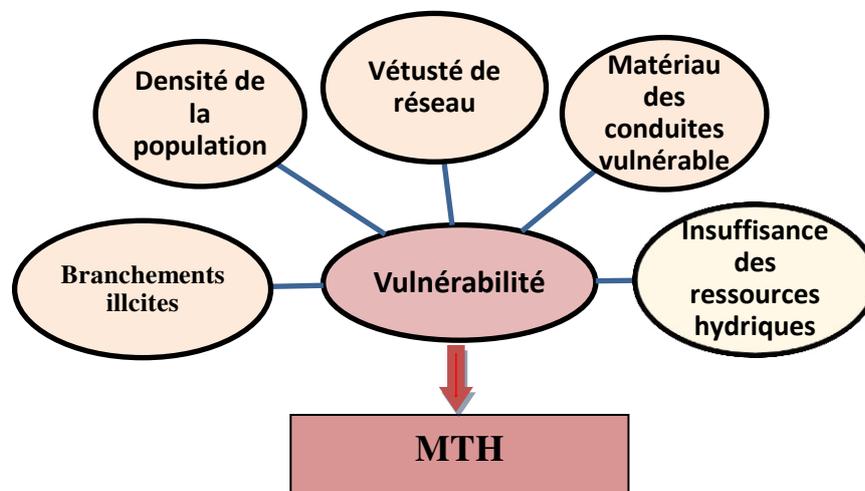
- b) Estimation du risque de contamination par un indice numérique basé sur la vulnérabilité et le poids d'impact (réflétant son degré d'influence) des différents facteurs de vulnérabilité liés aux maladies à transmission hydrique (Age des réseaux, forme urbaine, nature des matériaux des conduites, densité de la population et la fréquence de distribution de l'eau potable). L'importance de chaque facteur en terme de vulnérabilité dépend de son poids exprimé par un indice numérique qui représente une évaluation de niveau de risque de contamination.
- c) Utilisation du SIG afin de synthétiser le phénomène par la mise en œuvre de base de données géo référencées. Le système d'information géographique offre les possibilités de

croisement au sein d'une base de données spatialement référencée de façon à extraire facilement des synthèses utiles à la décision.

### **2-1-Identification des facteurs de la vulnérabilité**

Une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans les réseaux est indispensable pour les services d'exploitation (en usine de production ou sur le réseau) afin d'anticiper et d'éviter des problèmes potentiels (Celerier.Jean-luc2009).L'apparition des foyers épidémiques dans la ville de Batna est liée à la convergence de plusieurs facteurs aggravants dont les effets cumulés expliquent l'état de vulnérabilité (Figure.30).

**Figure.30 : facteurs de vulnérabilité liés aux maladies à transmission hydrique (MTH)**



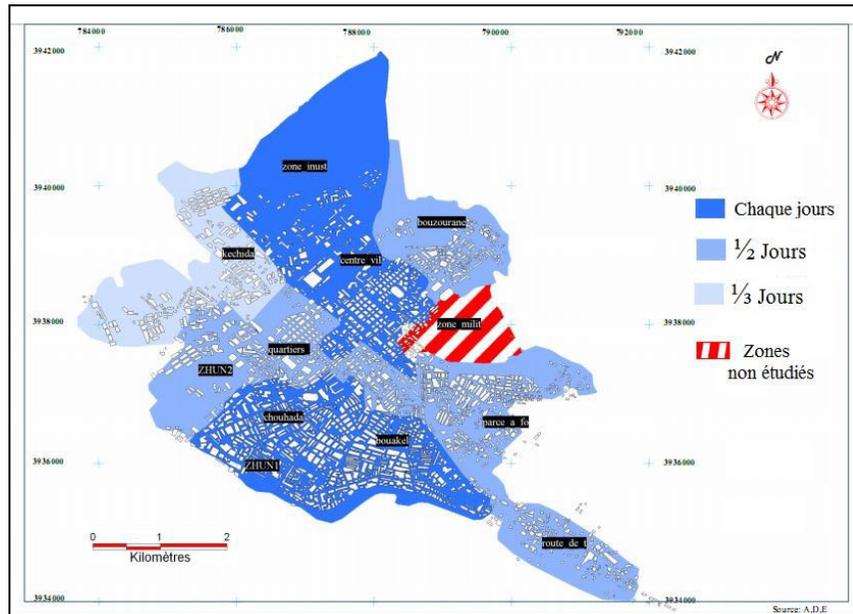
#### **2-1-1 L'insuffisance des ressources hydriques :**

En 2014 la ville de Batna est approvisionnée en eau potable à partir de 22 forages. La seule ressource en eau de surface est en service par le transfert de barrage Koudiat Medaour. Le volume distribué à Batna est de l'ordre de 39347 m<sup>3</sup>/j, soit un déficit de 15933 m<sup>3</sup>/j par apport aux besoins identifiés. La ville enregistre un taux de satisfaction de 71%, les ressources disponibles n'arrivent pas à couvrir l'ensemble des besoins. La distribution de l'eau est caractérisée par une discontinuité dans la plus part des quartiers (carte N°18). Les coupures d'eau peuvent avoir des conséquences dramatiques au plan social et sanitaire, car en absence d'eau une multitude de mode d'approvisionnement en eau apparaissent et autant de risque de contamination et donc de foyers épidémiques non maîtrisable (Boukheris.H et Soukhel et al2004).

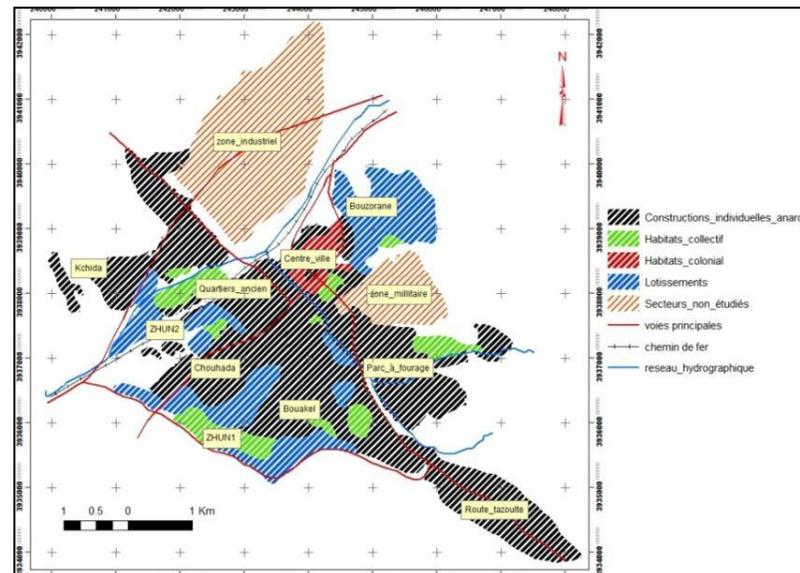
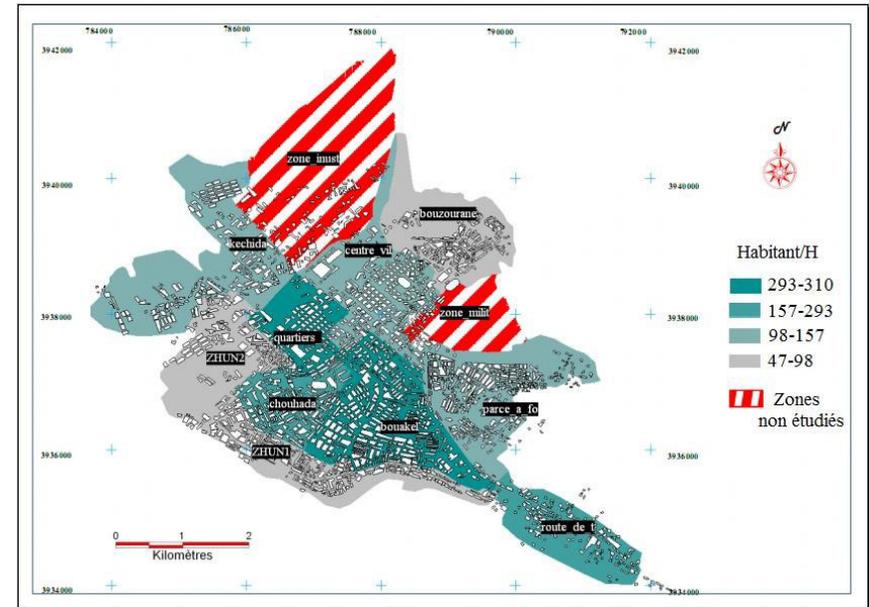
#### **2-1-2 Une forte poussée démographique :**

L'accroissement démographique a conduit à une extension spectaculaire des villes à travers l'ensemble du territoire national. Cette expansion des villes pose donc des problèmes

Carte N° 18 Programme de distribution de l'eau potable dans la ville de Batna



Carte N°19 : Densité de la population dans la ville de Batna



Carte N° 20 Les formes urbaines

d'approvisionnement en eau (Ghachi.A 2013). La ville de Batna a connu un accroissement démographique élevé, résultat d'une forte intensité des migrations internes, et notamment de l'exode rural, ajouté à la croissance naturelle de la ville, la population totale s'élevait à 323903 habitants en 2014. La croissance démographique a amplifié la crise de l'habitat ; le développement de quartiers insalubres ont généré de nombreux problèmes surtout le problème de l'eau potable et l'assainissement. Selon (Samuel Rufat 2007) la densité qui est un indicateur de la concentration des habitants et des flux est considérée comme le facteur le plus évident à la vulnérabilité. La carte de la densité N°19 indique des écarts importants d'un quartier à l'autre. Les plus marginalisés à habitats illicites enregistrent le plus de branchements illicites.

### **2-1-3 Une urbanisation anarchique :**

La croissance urbaine dans les pays en développement entre autre l'Algérie s'effectue par deux modes d'occupation de l'espace : Planifié (déterminé par les prescriptions des documents d'urbanisme) et illicite ou anarchique découle de la nécessité de se loger suite à l'explosion démographique (BOUROUHA.M et al 2007). Dans la ville de Batna le processus d'urbanisation a connu un accroissement brutal et incontrôlable dû à une croissance démographique rapide, ce fait a engendré de nombreux quartiers aussi bien licites qu'illicites (carte N°20). La prolifération de l'habitat précaire influant négativement sur l'établissement d'un schéma d'équipement correct : réseau d'alimentation en eau potable (AEP) et assainissement, la gestion des déchets...etc. La détérioration de l'hygiène du milieu reste l'un des facteurs favorisant l'apparition et la persistance des MTH (Bouziani. M 2000).

### **2-1-4 Vétusté du réseau :**

La ville de Batna dispose d'un réseau de distribution d'eau potable de 468000 mètre linéaire, le taux de branchement est estimé à 97 %. Avant les opérations de rénovation et de réhabilitation du système d'AEP pour faire face aux risques des maladies à transmission hydrique et pour améliorer la qualité de l'eau potable, l'état de réseau est vétuste à 60 % (Carte N°21) plusieurs analyses bactériologiques ont permis de mettre en évidence les effets néfastes de la vétusté du réseau sur la qualité de l'eau distribuée. La vétusté des conduites entraîne des « cross--connexions » responsables de pollution donc d'augmentation de la fréquence de maladies comme la fièvre typhoïde voire des diarrhées chroniques. Au cours du mois de mars 2009, la wilaya a connu une épidémie de fièvre typhoïde, l'incidence était alors de 7,15 cas pour 100.000 habitants. L'épidémie a touché un quartier de la ville de Batna. L'éclosion de l'épidémie est liée probablement à la vétusté du réseau d'AEP et



d'assainissement (INSP 2009). A cela s'ajoute le fait que 40% des eaux captés en Algérie pour les besoins de la population se perd en raison de la mauvaise qualité des canalisations (Remini.B 2005). La détérioration des canalisations se manifeste d'une façon évidente par l'augmentation du nombre de ruptures et de fuites (J. Elnaboulsi et al 1998). Dans la ville de Batna le système de distribution de l'eau souffre des cassures notamment dans les vieux quartiers (photos N° 08, 09,10), les cassures sont dues soit aux travaux des canalisations soit à la corrosion des conduites.



**Photo. 08 :** Fuite d'eau à Z'mala (2015)



**Photo. 09 :** Cassure de la conduite (Bouakal2015)



**Photo. N°10:** Fuite d'eau au centre ville (2016)

#### **2-1-5 Nature des matériaux de conduites :**

Les interactions eau -conduite peuvent se traduire simultanément par une dégradation de la qualité de l'eau et une corrosion de l'état intérieur des conduites. La cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable doit être fondée sur une parfaite connaissance de ces derniers et de tous leurs éléments constitutifs et leurs fonctionnements (Abdelbaki. C 2014). Selon l'Algérienne des eaux (2008) le réseau d'alimentation en eau potable dans la ville de Batna est constitué de toutes sortes de matériaux (Carte N°22) : acier (6%) amiante ciment (20%), fonte (10%) était quasi-exclusivement utilisée avant 1945 puis utilisée jusqu'en 1970. PEHD (12%), PVC (52%) leur utilisation a été prédominante à partir de 1975; par ailleurs 57% des branchements particuliers sont en plomb .D'après Rodier (1996) certains matériaux sont vulnérables et peuvent influencer de manière significative la qualité de l'eau livrée au consommateur, cette influence peut prendre des proportions lorsque se développent des phénomènes de corrosion (cas de canalisations métalliques et des bétons) ou dégradation (cas des matériaux de type organique). Pour les conduites en amiante-ciment, à titre préventif, il est convient de prendre toute disposition utile pour éviter la corrosion des tuyauteries en amianteciment (Rodier 1996). De nos jours, l'exposition aux fibres d'amiante survient plus particulièrement dans les situations où les produits d'amiante ont été dégradés. On peut et doit

prévenir les maladies liées à l'amiante et le moyen le plus efficace pour y arriver est de mettre fin à l'utilisation de toutes les formes d'amiante pour éviter l'exposition (OMS 2014).

### **2-2 Estimation de la vulnérabilité aux MTH par l'indice numérique:**

Pour estimer la vulnérabilité à la pollution bactériologique de l'eau distribuée dans l'espace urbain, nous nous basons sur une méthode qui consiste à la détermination de l'indice de vulnérabilité, en tenant compte des cinq paramètres influents : âge des conduites, forme urbaine, matériaux des réseaux, la densité démographique et la fréquence de distribution de l'eau. L'importance de chaque facteur dépend de son poids c'est-à-dire le coefficient de pondération de chaque paramètre correspond à l'intensité de son impact dans l'étude de la vulnérabilité à la pollution (tableau.36) variant entre une valeur de 05 pour les facteurs les plus significatifs et une valeur de 01 pour les facteurs qui le sont moins (Baziz N. et al2015).

**Tableau. 36 :** Poids des facteurs en fonction de leur vulnérabilité

Paramètres	poids
Age du réseau	5
Forme urbaine	4
Matériau des conduites	3
densité de la population	2
Fréquence de distribution de l'eau	1

Affectation de différents poids aux paramètres a été faite sur la base des causes qui favorisent l'éclosion des foyers d'épidémie par exemple la vétusté de réseau s'est distingué à chaque fois comme cause principale des « cross--connexions » responsables de la pollution donc d'augmentation de la fréquence de maladies notamment la fièvre typhoïde (phénomènes de corrosion, fragilité des conduites aux ouvertures des différents travaux et chantiers). Aussi l'urbanisation anarchique a un impact considérable sur la contamination et reste l'un des facteurs favorisant l'apparition et la persistance des MTH dans les quartiers spontanés qui enregistrent le plus de branchements illicites. Aussi La dégradation des matériaux peut fragiliser les installations et ainsi provoquer des fuites et des ruptures de canalisations, sources de contamination microbienne (Beaudeau et al.2007, J-Baptiste Poitelon 2011).

Dans cette méthode chaque facteur est codé de 1 à 4 suivant le degré de vulnérabilité aux MTH (Tableau.37). La plus petite cote représente les conditions de faible vulnérabilité à la contamination.

**Chapitre V Analyse et modélisation de la vulnérabilité aux maladies à transmission hydrique dans la ville de Batna**

La vulnérabilité est évaluée par un indice numérique représentant la somme des cotes multipliée par le poids d'impact de chaque paramètre tel que:

V : âge de réseau

F : forme urbain

M : type de matériaux

D : densité de la population

E : distribution de l'eau par jour

$PV \times CV + PF \times CF + PM \times CM + PD \times CD + PE \times CE = \text{indice de vulnérabilité}$

L'indice de vulnérabilité ainsi calculé représente une évaluation du niveau de risque de contamination de l'eau potable. Les valeurs d'indices de vulnérabilité (IV) varient entre faible et très forte, elles sont classées comme suit :

$IV \geq 60$  (vulnérabilité très forte).  $45 < IV < 60$  (vulnérabilité fort).

$30 < IV < 45$  (vulnérabilité moyenne).  $15 \leq IV < 30$  (vulnérabilité faible).

**Tableau.37** : Classification et codification des facteurs

Age des conduites	cote	Forme urbaine	cote	Type de matériaux	cote	Densité Hab	cote	Distribution de l'eau /jour	cote
1940-1965	4	Habitat individuel anarchique	4	Acier (corrosion)	4	293-310	4	1/4j	4
1965-1985	3	Habitat colonial (tissu vétuste)	3	Fonte (vétuste)	3	293-157	3	1/3j	3
1985-1995	2	Lotissement	2	Amiante ciment	2	157-98	2	1/2j	2
1995-2007	1	Habitat collectif	1	PVC et PEHD	1	< 98	1	Chaque jour	1

Baziz. N et al 2015

## **2-3 Contribution du SIG à l'évaluation et à la spatialisation de la vulnérabilité aux MTH**

### **2-3.1 Utilité des systèmes d'information géographique**

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, au travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes. Ces capacités spécifiques font du SIG un outil unique, accessible à un public très large et s'adressant à une très grande variété d'applications.

Les enjeux majeurs auxquels nous avons à faire face aujourd'hui (environnement, démographie, santé publique...) ont tous un lien étroit avec la géographie.

De nombreux autres domaines tels que la recherche et le développement de nouveaux marchés, l'étude d'impact d'une construction, l'organisation du territoire, la gestion de réseaux, le suivi en temps réel de véhicules, la protection civile... sont aussi directement concernés par la puissance des SIG pour créer des cartes, pour intégrer tout type d'information, pour mieux visualiser les différents scénarios, pour mieux présenter les idées et pour mieux appréhender l'étendue des solutions possibles.

La création de cartes et l'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais les SIG procurent une plus grande vitesse et proposent des outils sans cesse innovant dans l'analyse, la compréhension et la résolution des problèmes (ESRI France).

### **2-3-2 L'utilisation d'un SIG dans l'élaboration des cartes de vulnérabilité**

La contamination de l'eau potable résultant de la combinaison de plusieurs facteurs, les SIG sont des puissants outils pouvant servir à la combinaison des données. Ils Permettent d'élaborer diverses cartes thématiques en croisant les différentes couches d'informations. stockées dans la base de données.

Les SIG se présentent de nos jours comme des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision. Pour ce faire, il est nécessaire de choisir les principaux facteurs de vulnérabilité, d'utiliser des données cartographiques qui permettent de les visualiser et d'établir un modèle.

En effet cette étude permet également de mettre en évidence le rôle des techniques de SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de l'eau potable dans le réseau de distribution. Dans le SIG chaque paramètre est notée sur une couche en lui affectant une valeur numérique correspondant a son poids, c'est- à-dire son influence sur la vulnérabilité de l'eau à la contamination. Ensuite ces cartes sont superposées sur une couche résultat ou sera calculé l'indice de vulnérabilité.

Appliquer cette approche à la ville de Batna permet de constater que les zones de forte vulnérabilité correspondent aux quartiers anciens de forte densité qui rallient la vétusté du réseau, les matériaux des conduites vulnérables, ainsi que les zones d'urbanisation anarchique non maîtrisable, sièges des branchements illicites, non-conformes aux normes techniques.

Cette approche est souvent utilisée pour classer des valeurs attributaires par aptitude au risque, puis les additionner, pour produire un classement total pour chaque cellule. Nous pouvons également attribuer une importance relative aux diverses couches pour créer un classement pondéré (le degré de chaque couche est multiplié par la valeur de pondération de la couche avant d'être totalisé avec les autres couches).

### **3- Résultats et discussion :**

Le SIG a assuré une synthèse de plusieurs paramètres à travers une analyse multicritères. Cette synthèse a permis la réalisation des cartes de vulnérabilité au risque de maladies à transmission hydrique.

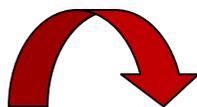
#### **3-1 Les cartes de vulnérabilité (cartes de synthèse)**

Les cartes de synthèse sont utiles pour repérer les lieux où les risques et les vulnérabilités sont plus élevés au regard de l'ensemble des facteurs considérés (ElianePropek Zimmermann et al 2009). Dans la présente étude ces cartes sont les résultats de la superposition de plusieurs couches d'informations relatant les différents facteurs de vulnérabilité liés aux maladies à transmission hydriques. D'après l'approche indicielle des paramètres de vulnérabilité spatialisés et la mise en œuvre de base de données géo référencées associée à un SIG, les résultats obtenus permettent de visualiser les principales zones à risque de contamination bactériologique de l'eau distribuée dans la ville de Batna avant et après la modification de certains paramètres (cartes N° 23 et 24). Les zones de vulnérabilité élevée sont les quartiers anciens qui rallient la vétusté du réseau, les matériaux des conduites vulnérables. Ainsi que les zones d'urbanisation anarchique non maîtrisable (siège des branchements illicites, non-conformités aux normes techniques, absence de plan de raccordement AEP etc.). La variation de l'indice de vulnérabilité observé peut s'expliquer par le fait la modification d'un ou plusieurs paramètres. A titre d'exemple le renouvellement du réseau et le transfert des eaux de barrage après 2007 engendrent une grande variation de l'indice de vulnérabilité dans le quartier de Bouakal (carte de vulnérabilité après modification de certains paramètres) c'est-à-dire en appliquant la même méthode qui prend en considération les cinq paramètres avec les mêmes poids et des cotes différentes.

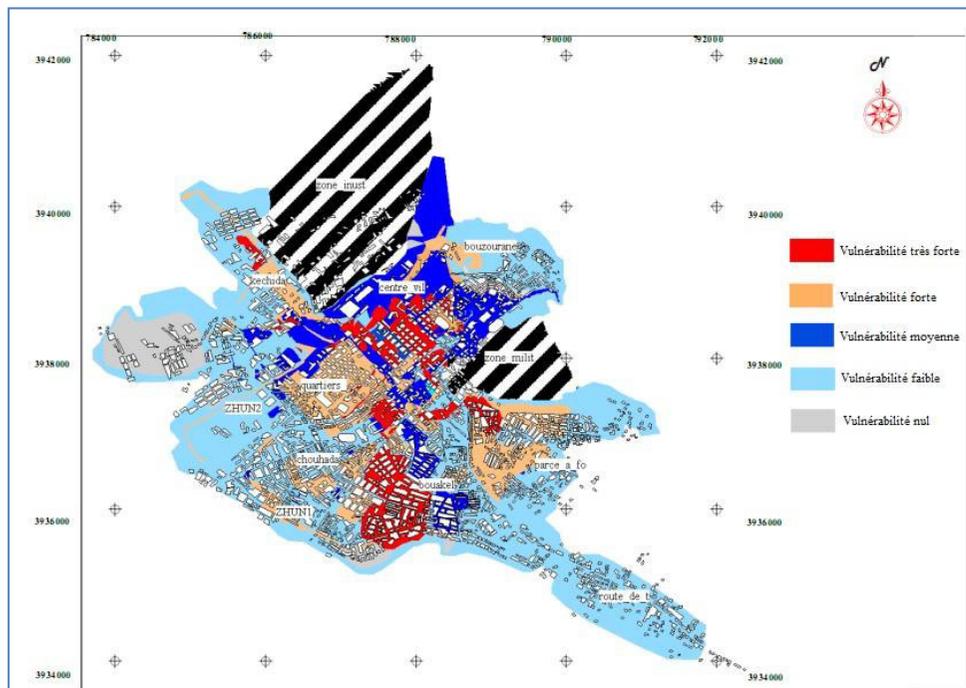
#### **3-2 Discussion : fiabilité et validité de la méthode**

##### **3-2-1 validité de l'approche par les secteurs touchés par la typhoïde**

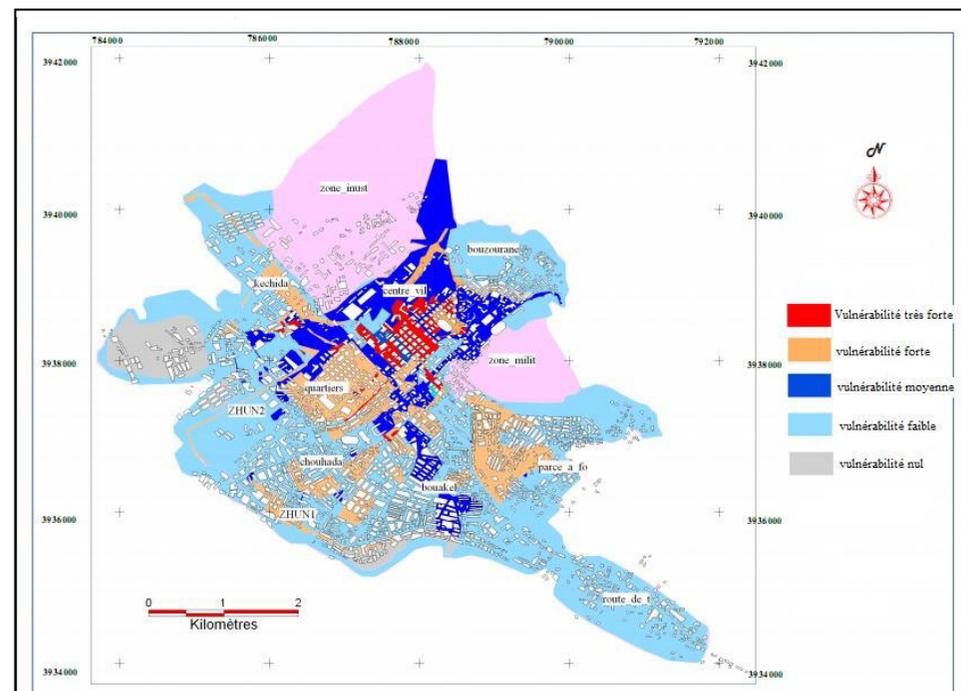
Les cartes des secteurs urbains touchés par la fièvre typhoïde (Cartes N° 25 et 26) nous ont permis de vérifier la validité de l'approche indicielle des paramètres influant sur le niveau de vulnérabilité. En effet la comparaison avec les cartes de synthèse avant et après la modification de certains paramètres montre clairement que les zones réellement contaminées avant et après 2006 correspondent à celles où la de vulnérabilité est plus élevée. Le modèle cartographique élaboré a été testé; il reflète la réalité du terrain (Figure.31). Cette méthode peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable avec une prise de considération des cinq paramètres. Les résultats obtenus doivent contribuer à la protection des zones

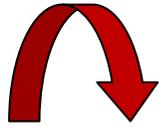


Carte N° 23 Carte de vulnérabilité avant la rénovation de réseau

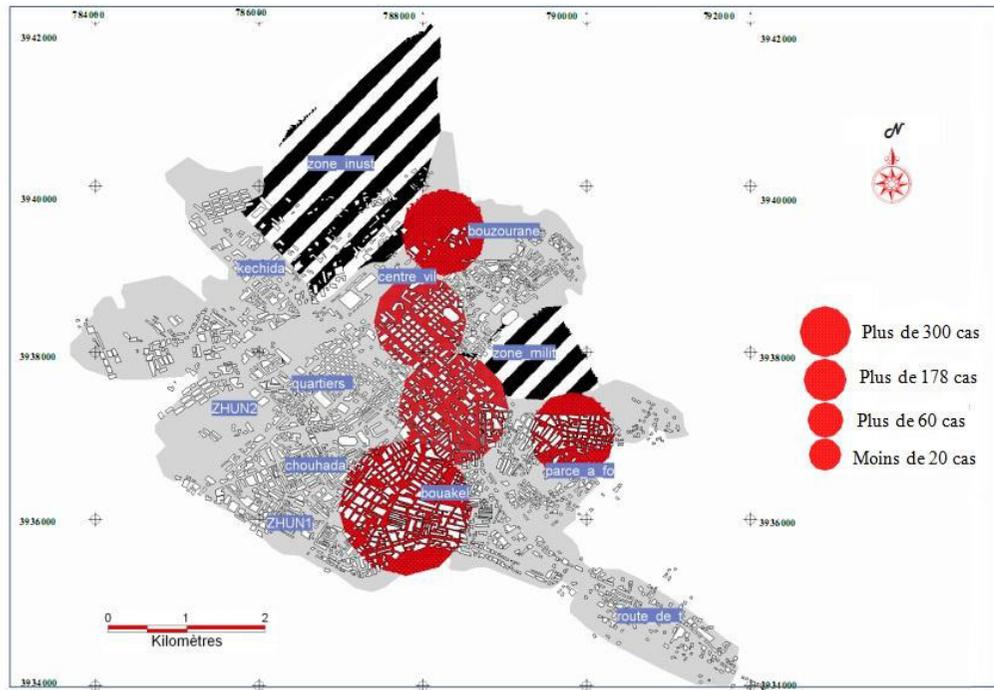


Carte N° 24 Carte de vulnérabilité après la rénovation de réseau

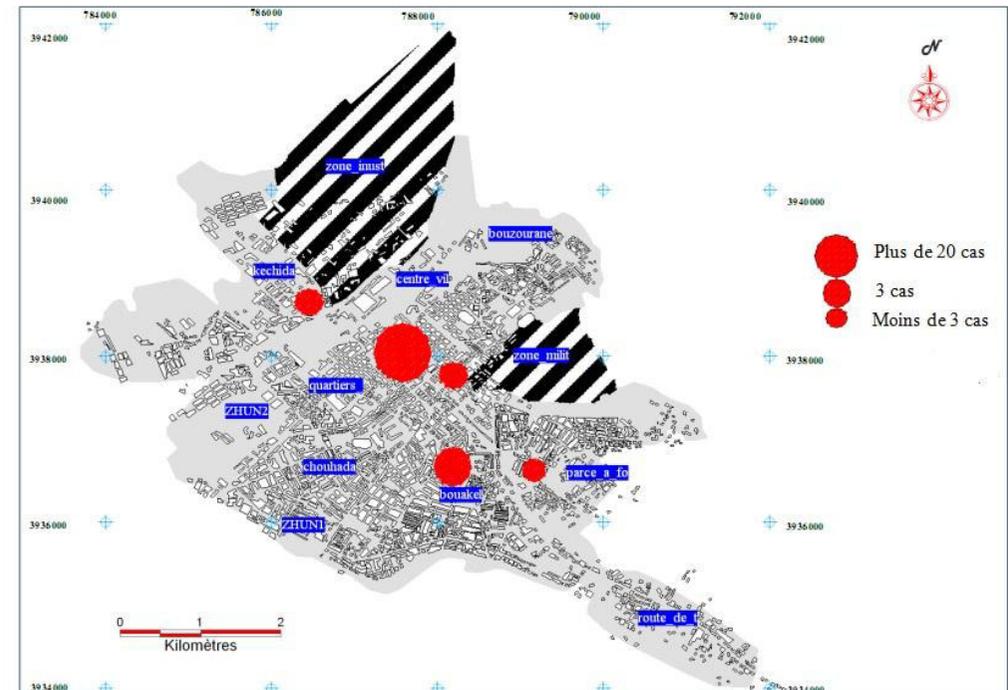




Carte N° 25. Secteurs urbains touchés par la typhoïde dans la ville de Batna avant 2006

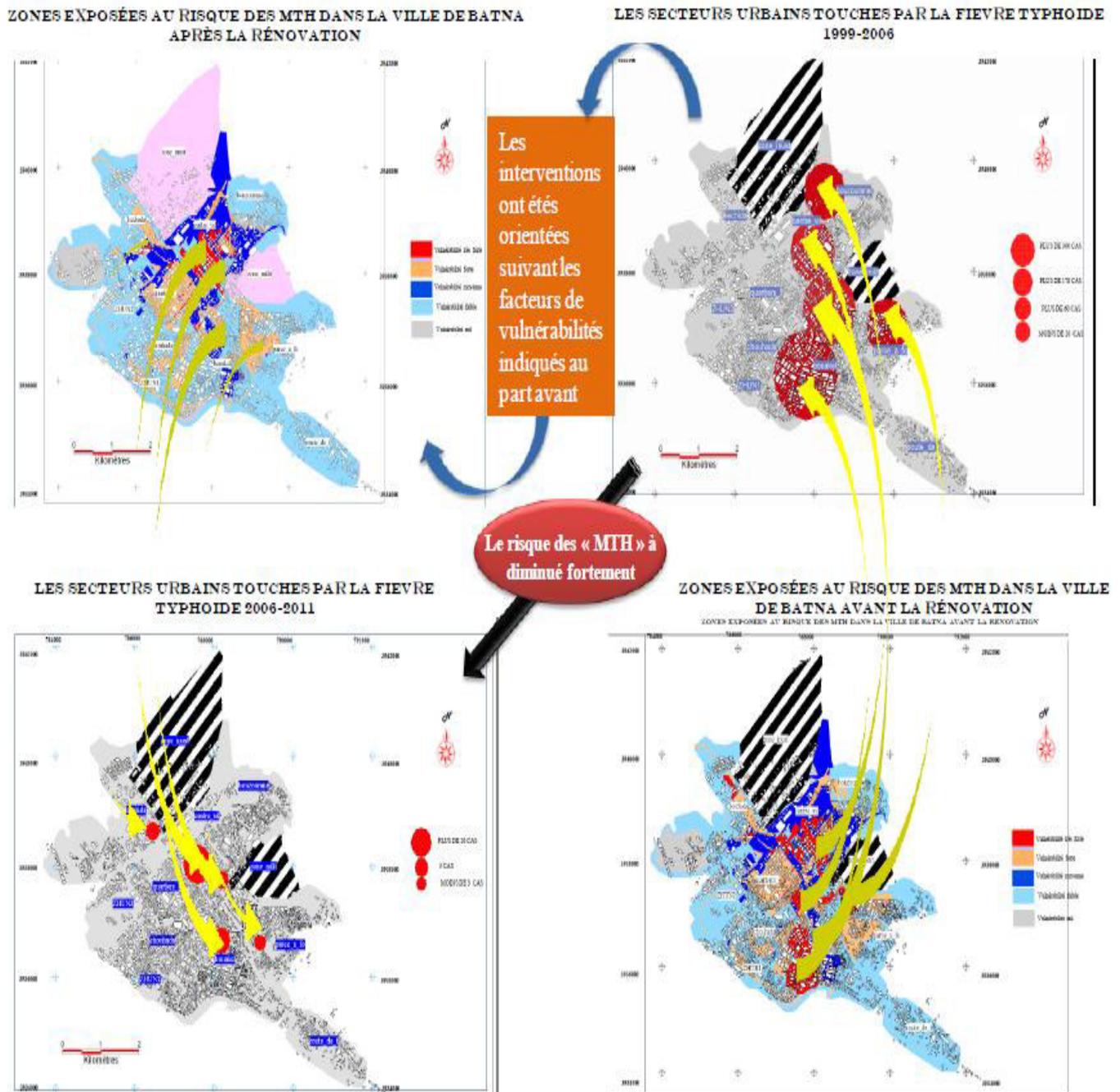


Carte N° 26 .Secteurs urbains touchés par la typhoïde dans la ville de Batna après 2006



vulnérables et à la maîtrise des MTH dans un espace urbain et pourront servir à l'élaboration des schémas directeurs d'aménagement urbain concertés.

**Figure .31 : validité de la méthode**

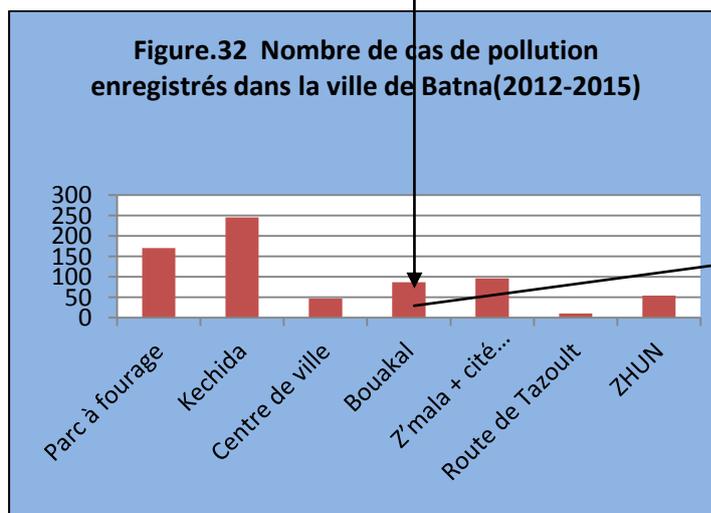
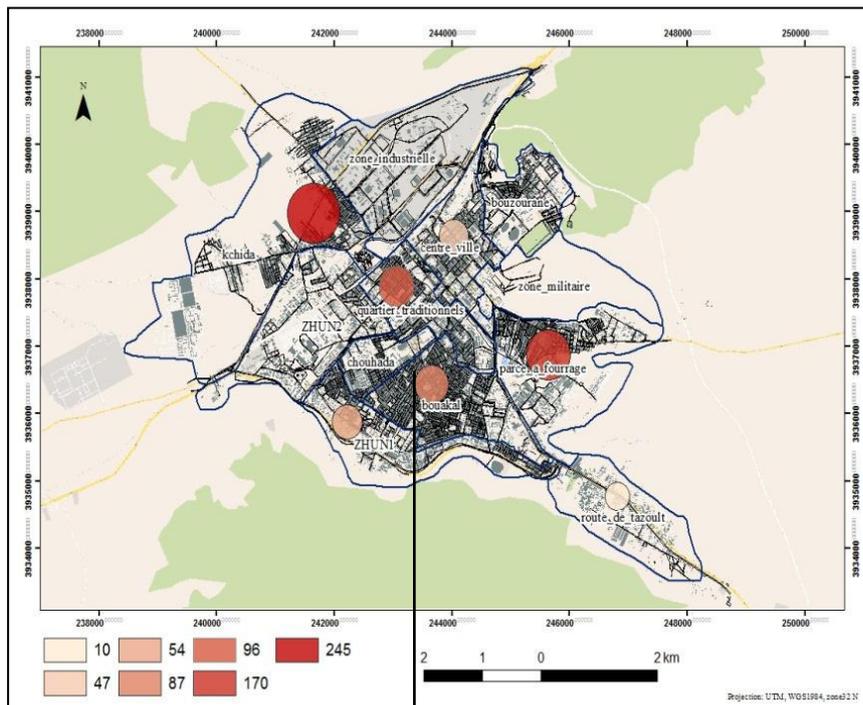


**3-2-2-validité de l'approche en se basant sur le nombre de cas de pollution enregistrés dans la ville**

Dans cette approche, la validité de l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution a été testée aussi par le nombre de cas de pollution enregistrés, en établissant une comparaison entre la

répartition spatiale des cas de pollution déclarés et confirmés (carte N° 27 et figure.32) et la distribution des classes de vulnérabilité. Grâce à la surveillance épidémiologique et aux mesures de prévention notamment les opérations de rénovation de réseau de distribution d'eau potable des quartiers touchés par les M T H et les quartiers exposés aux risques de contamination, le nombre de cas a baissé les dernières années, quelques cas sporadiques ont été enregistrés en dehors des épidémies.

**Carte N° 27 : Quartiers touchés par la pollution (2012-2015)**



Cas de pollution enregistrés à Bouakal (Réseau non renouvelé)

### **Conclusion**

La contamination de l'eau résultant de la combinaison de plusieurs facteurs, les SIG sont des puissants outils pouvant servir à la combinaison des données. Ils Permettent d'élaborer diverses cartes thématiques en croisant les différentes couches d'informations stockées dans la base de données .L'approche indicielle des paramètres de vulnérabilité et la mise en œuvre de base de données géoréférencées associée à un SIG adéquat s'imposent peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable en compte des cinq paramètres décrits dans la partie méthode .Dans le SIG chaque paramètre est notée sur une couche en lui affectant une valeur numérique correspondant a son poids, c'est- à-dire son influence sur la vulnérabilité de l'eau à la contamination. Ensuite ces cartes sont superposées sur une couche résultat ou sera calculé l'indice de vulnérabilité. Les différentes cartes éditées peuvent être utilisées comme des outils d'aide à la décision indispensable à la protection de la source et du consommateur. Par ailleurs la base de données numérique que nous avons élaborée, permettra un suivi spatio- temporel du niveau du risque dans chaque secteur de la ville et dont la nature et l'ampleur préudent à une situation sanitaire et environnementale catastrophique.

# CHAPITRE VI

**Apport des SIG dans la spsialisation  
des cross-connexions entre  
le réseau d'AEP  
et l'assainissement**

**Introduction :**

Un SIG permet ainsi de répondre à un certain nombre de questions telles qu'où se trouve un objet ou un phénomène mettant ainsi en évidence la répartition spatiale des objets ou phénomènes présents sur un territoire donné. De plus, le SIG permet l'analyse spatiale en élucidant les relations qui existent ou non entre les objets et les phénomènes ainsi que l'analyse temporelle en déterminant leurs évolutions. Finalement, il permet de pré- dire ce qui se passerait si tel scénario d'évolution se produisait en examinant les conséquences qui affecteraient les objets ou phénomènes concernés du fait de leur localisation (Dimitri Sanga1 et al 2007).

Dans la présente étude la spatialisation et la répartition des zones exposées au risque des MTH fait recours aux SIG. Il s'agit de localiser les sites des cross-connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement, ainsi de déterminer les classes de vulnérabilité dans la ville de Barika qui semble touchée par une pollution étendue de la qualité bactériologique de l'eau potable. La mauvaise qualité bactériologique de l'eau de boisson à Barika est due à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross – connexions), ce facteur reste le plus favorisant des foyers des maladies hydriques notamment la fièvre typhoïde.

**1-Présentation de la ville**

Barika deuxième ville de la wilaya de Batna, située à l'ouest de la wilaya (carte N°28), à 473 mètres d'altitude .Elle se trouve presque a équidistances wilayas de Sétif, M'Sila et Biskra

**1-1-Le relief :**

La ville de Barika se caractérise par une topographie d'ensemble plane, qui se distingue par :

- une altitude moyenne comprise entre 450 et 500 mètres, ce qui est relativement bas comparée à l'altitude moyenne de l'ensemble des hauts plateaux algériens, dont l'altitude moyenne oscille en général entre 800 et 1000 mètres.
- une pente très faible à nulle : inférieur à 3%.

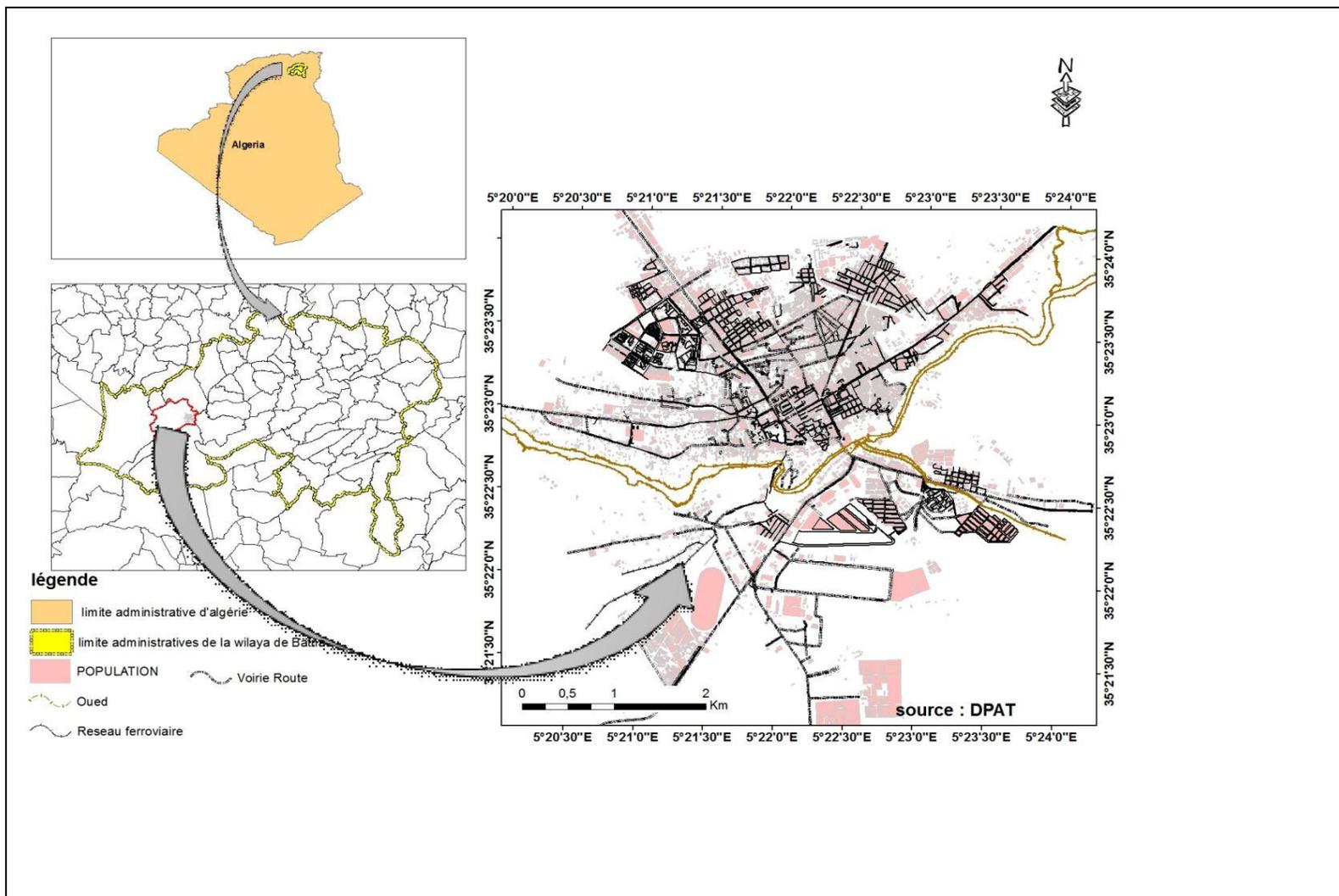
D'une manière générale, on peut dire que le relief de la commune, pris indépendamment des autres facteurs du milieu. La pente faible ne représente aucune contrainte particulière pour la réalisation des équipements et infrastructures socioéconomiques. En revanche la platitude excessive du terrain pourrait constitue une contrainte pour l'évacuation des eaux.

**1-2 Caractéristiques climatiques**

Le climat de la région de Barika est caractérisé par :

Carte N° 28

Situation de la ville de Barika



- De très faibles précipitations concentrées sur un nombre de mois très court et limité à la période hivernale et à un degré moindre à la période printanière.

La carte des isohyètes, dressée par l'agence nationale de ressources en eau (ANRH) à partir de données recueillies sur une série d'observations s'étalant sur une période de 15 ans allant de 1970 à 1994, montre que la commune de Barika s'inscrit : dans la tranche des précipitations comprises entre les isohyètes 200 et 300 mm pour sa moitié nord, et, dans la tranche des précipitations inférieures à l'isohyètes 200 pour sa moitié sud.

- Des températures très basses en hiver et relativement chaudes en été, qui se distinguent par des pointes minimales et maximales excessivement marquées en hiver comme en été. La région est exposée aux vents très chauds (sirocco) propices à l'avancée du désert. Ces conditions d'aridité particulières ont permis l'éclosion de nombreux foyers épidémiques de maladies hydriques dans cette ville.

### **1-2- La Population**

La population dans la ville de Barika est de 102056 habitants, soit 94,1% de la population totale de la commune , elle est passée presque à quatre fois de plus entre 1966 et 2008 passant ainsi de 26 708 à 102 056 habitants par un certain nombre de raisons .La ville de Barika s'explique par le fait que celle-ci commande une région de transition doit son poids démographique important à sa proximité avec Batna (88 km) d'une part et à sa position de carrefour d'autre part. Depuis longtemps, son rôle de transition « porte du Sahara»lui a valu d'être un passage obligé dans le cadre des déplacements de toutes sortes vers les différents pôles régionaux, M'sila, Batna, Sétif et Biskra. La population totale de la ville est estimée à 109771 habitants (2013), soit une densité moyenne de 343 hab/km<sup>2</sup> répartis entre ses différents quartiers comme suivant (carte N°29)

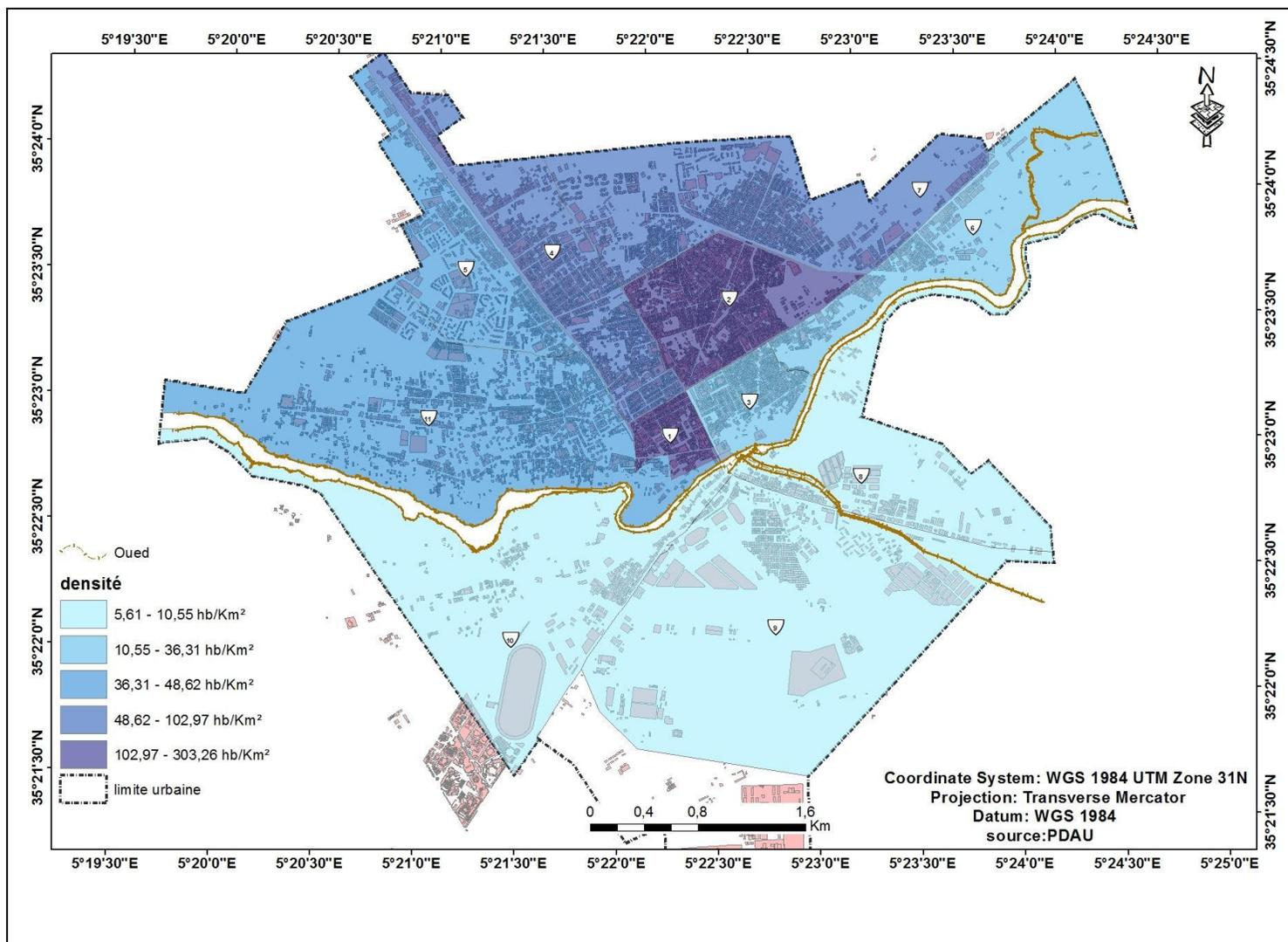
- ✓ Les secteurs de forte densité: c'est le noyau de la ville. Ces secteurs sont considérés comme "populaires ";
- ✓ Les secteurs de moyenne densité:  
c'est la ceinture extérieure de la ville;
- ✓ Les secteurs de faible densité: ils sont localisés en périphérie

### **1-3 L'habitat**

L'Algérie indépendante n'a pas consacré de priorité au problème de l'habitat. Il est rapidement devenu difficile, il est aujourd'hui crucial (Cote. M 2005) engendrant une anarchie dans le réseau d'alimentation (piquage et branchements illicites), mais également,

Carte N° 29

Répartition spatiale de la densité de la population par secteur dans la ville de Barika

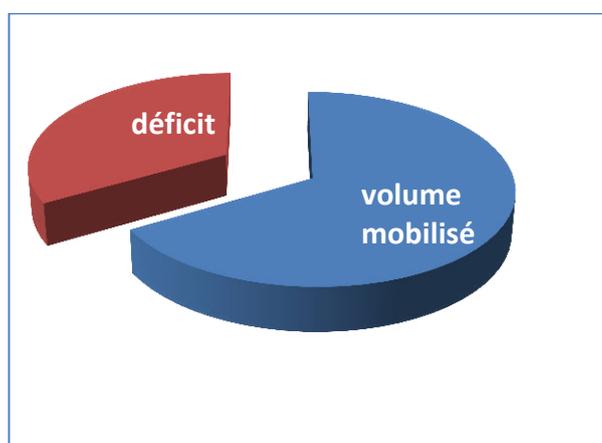


pour beaucoup, une dotation irrégulière et quasi insignifiante .Lors du recensement de 2008, le parc logement de la commune de Barika comptait 17 631 logements dont 16 407 au niveau du chef lieu (ville de Barika) soit 93.1 % du parc logement. Dans la ville de Barika le processus d'urbanisation a connu un accroissement brutal et incontrôlable dû à une croissance démographique rapide, ce fait a engendré de nombreux quartiers aussi bien licites qu'illicites. La prolifération de la construction anarchique influant négativement sur l'établissement d'un schéma d'équipement correct : réseau d'alimentation en eau potable (AEP) et assainissement .Par rapport à l'ensemble de la wilaya. Barika compte proportionnellement plus de maisons individuelles (77%), d'immeubles (17%) et moins de maisons traditionnelles (5%) (Carte N°30) ce qui montre encore le caractère urbain de Barika. Le T.O.L en 2008 est plus élevé à Barika (7,3) qu'au niveau wilayas (6,6) ou national (6,4), montrant ainsi que la population tend à vivre dans des logements surpeuplés. La forte densité de la population peut être considérée comme le facteur le plus évident à la vulnérabilité.

## **2-Situation du système de l'alimentation en eau potable.**

La ville de Barika dispose d'un réseau de distribution d'eau potable de 239672 mètre linéaire (Carte N° 31) .Elle enregistre 6 ouvrages de stockage, ces réservoirs totalisent une capacité de 7000 m<sup>3</sup>Le volume distribué à Barika est de l'ordre de 15100 m<sup>3</sup>/j, soit un déficit de 7580 m<sup>3</sup>/j par rapport aux besoins identifiés, le taux de satisfaction globale de la population est de 68%, les ressources disponibles n'arrivent pas à couvrir l'ensemble des besoins. Selon la direction des ressources en eau (2015) .La dotation journalière en eau potable est inférieure largement à la norme nationale admise (150 l/j/ hab.).

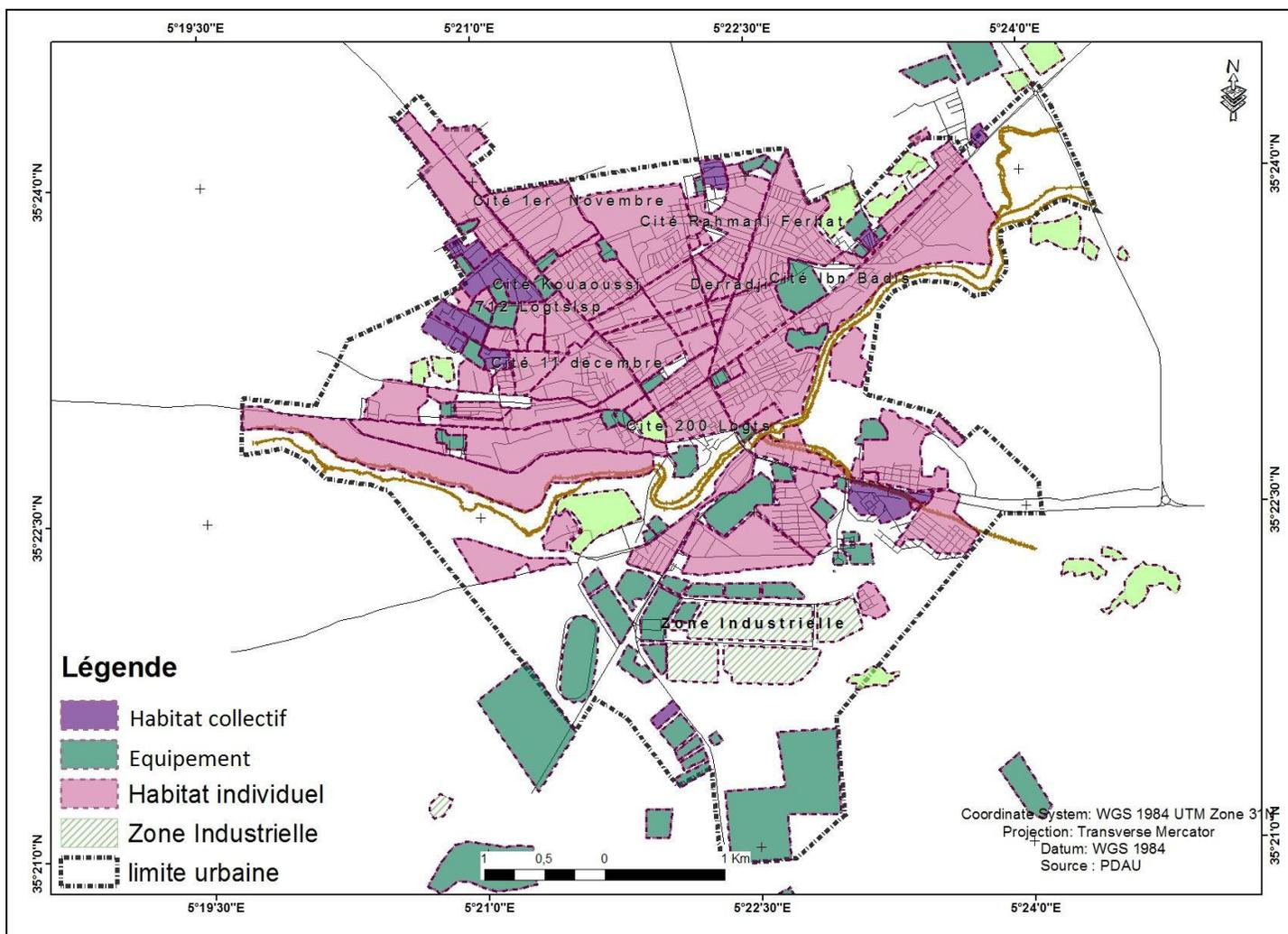
**Figure. 33: Volume d'eau mobilisé (m<sup>3</sup>/j) dans la ville de Barika**



Source : DRE 2015

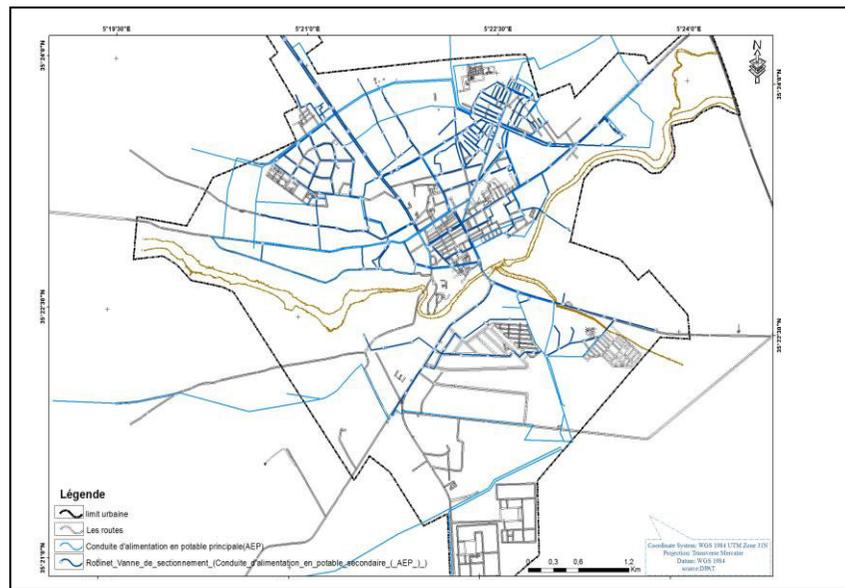
Carte N° 30

Type d'habitat dans la ville de Barika

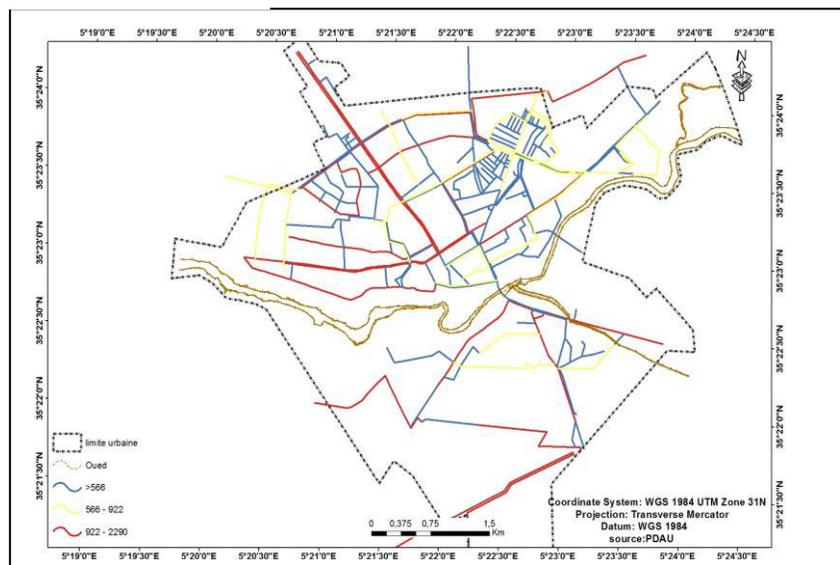


Carte N° 31

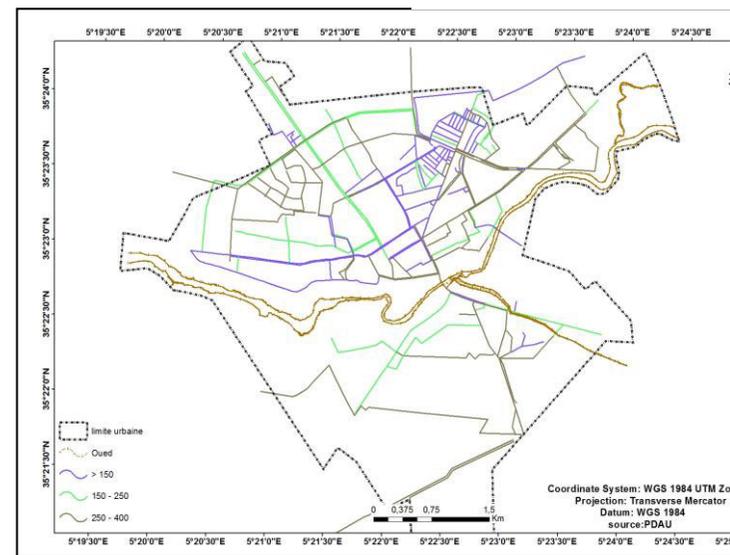
Carte de réseau d'AEP de la ville de Barika



Selon la longueur



Selon le diamètre

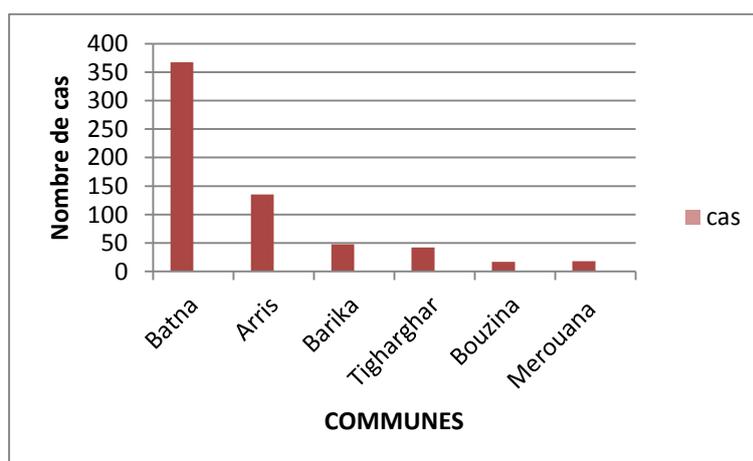


L'approvisionnement en eau est donc discontinu avec une fréquence plus élevée dans certains quartiers (un jour sur deux voire une fois tout les trois jours). Les coupures d'eau peuvent avoir des conséquences dramatiques au plan social et sanitaire, car en absence d'eau une multitude de mode d'approvisionnement en eau apparaissent et autant de risque de contamination et donc de foyers épidémiques non maîtrisable.

### **3-Les maladies à transmission hydrique dans la ville de Barika**

La situation épidémiologique de la fièvre typhoïde a montré que la ville de Barika a été un foyer endémique, elle est classée au niveau du territoire de la wilaya à haut risque puisqu'elle enregistre de nombreux cas d'atteintes des MTH notamment la fièvre typhoïde liée a la contamination de l'eau potable (Figure.34)

**Figure.34 : Répartition de la fièvre typhoïde par commune (1999-2015)**



### **4- Les facteurs favorisant les M T H dans la ville de Barika**

Selon l'ADE et la direction de la santé (DSP) l'apparition des foyers épidémiques dans les centres urbains comme Barika est liée à la convergence de plusieurs facteurs aggravants dont les effets cumulés expliquent l'état de vulnérabilité.

- Vétusté de réseau : D'une manière générale, le système de distribution souffre des cassures dans les vieux quartiers, les cassures sont dues soit aux travaux de canalisation (téléphone, gaz, assainissement) soit à la corrosion des conduites.
- Urbanisation anarchique, sièges des branchements illicites
- Matériaux des conduites vulnérables

- Forte densité de la population dans certains quartiers.
- Insuffisance des ressources hydriques (un logement relié au réseau d'eau potable n'est pas nécessairement un logement où l'eau coule du robinet).
- Plusieurs analyses bactériologiques ont permis de mettre en évidence les effets néfastes de ces facteurs sur la qualité de l'eau distribuée dans cette ville.
- **5-Qualité bactériologique de l'eau potable distribuée et risques associés dans la ville de Barika.**
- La ville de Barika est confrontée au problème de la qualité bactériologique de l'eau potable. Les contaminations de l'eau sont fréquemment rencontrées dans cette ville. De nombreux cas de pollution ont été enregistrés (Carte N°32), ce qui a largement pu favoriser le développement des épidémies. (tableau.38). Nombreuses analyses effectuées montrent clairement que la qualité de l'eau potable se dégrade au fur et à mesure dans le réseau de distribution avant d'atteindre le robinet du consommateur (Annexe 6).
- **Tableau.38:** Quartiers touchés par la pollution de l'eau potable dans la ville de Barika (2012-2015)

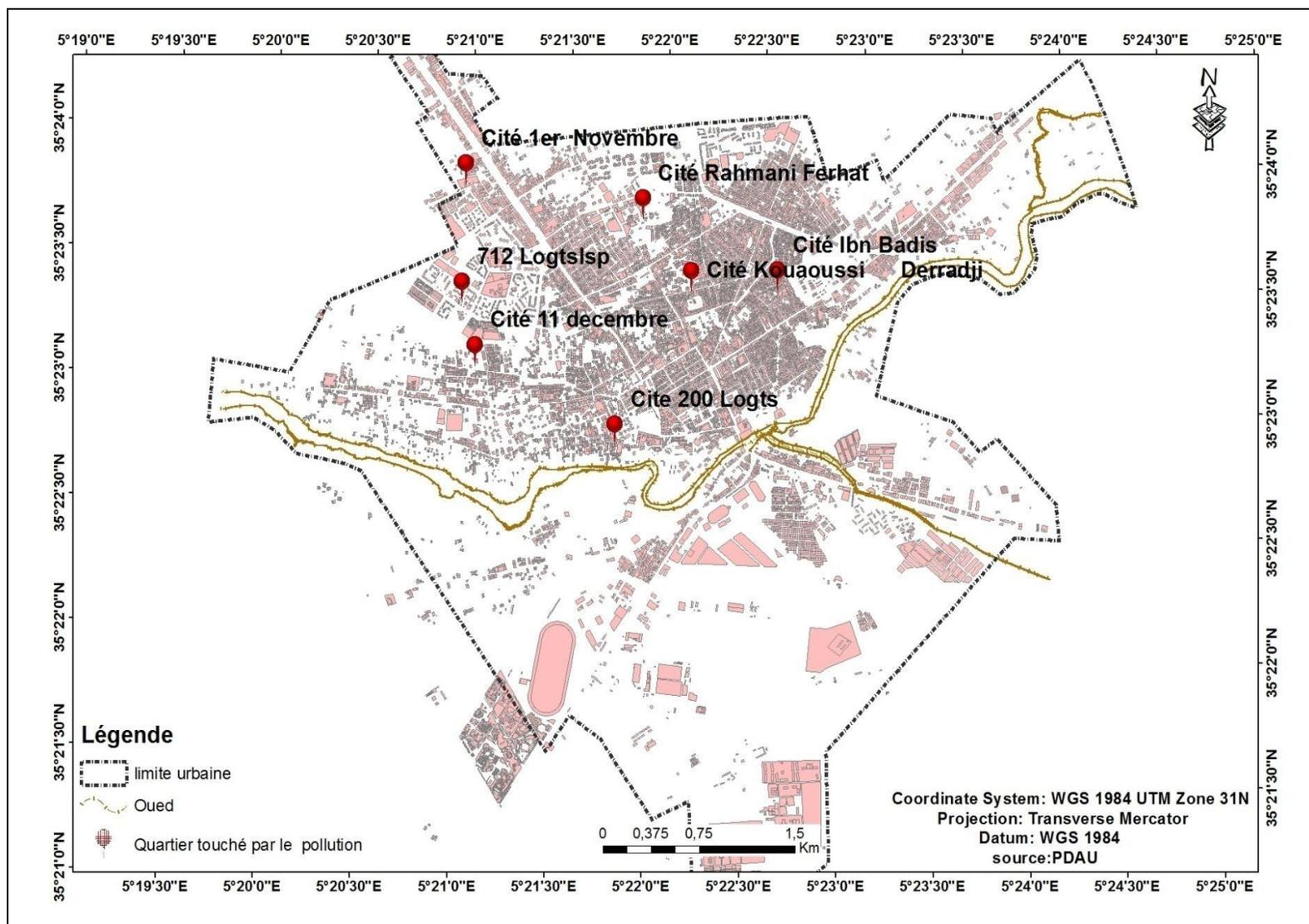
Quartier touché par la contamination	Nombre d'abonnés touchés par la pollution	Causes de contamination
Quartier Aouata (Kouaoussi Deradji)	14	infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross -connexion)
Quartier Ben Badis Rue Bourezg	20	infiltration des eaux usées par des branchements individuels illicites, superposition des deux réseaux AEP et assainissement
Quartier Billel (SellaliFarhat)	7	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross connexion)
Cité 712 logts	20	infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross-connexion)
Cité 11décembre	20	infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross-connexion)
Cité KouaoussiDerradji (Dekakcha)	30	Infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross-connexion)

Source : ADE 2015

De l'analyse du tableau au-dessus, il ressort que la dégradation de la qualité bactériologique est due à la contamination de l'eau potable par l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (**cross connexion**) notamment dans les quartiers anciens de forte densité qui rallient la vétusté du réseau, les matériaux des conduites vulnérables, ainsi que les zones d'urbanisation anarchique non maîtrisable, sièges des branchements illicites.

Carte N°32

Répartition spatiale de cas de pollution de l'eau dans la ville de Barika (2012-2015)



Ces cross-connexions (Les points noirs affectant les réseaux)responsables de la contamination de l'eau dans le réseau donc d'augmentation de la fréquence de maladies à transmission hydrique.

### **6-Apport des SIG dans la spatialisation et la localisation des cross- connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement dans la ville de Barika.**

un SIG est un outil qui grâce à l'informatique, permet de stocker de nombreuses données localisées de sources variées, de mieux les structurer, de les croiser, de les analyser et de les restituer sous forme graphique en fonction du but et des besoins visés.

Un système d'information géographique peut être aussi défini par les questions auxquelles il apporte des réponses (Dimitri et al 2007,Abdelbaki.C2014).

Quelques exemples de questions auxquelles un SIG peut répondre dans le cas de notre étude.

- Où sont localisées les canalisations en acier, en fonte... ? Cette localisation peut être, un nom de rue ou de quartier?
- Qu'est ce qui a changé depuis. Expriment une évolution?
- Que se produirait-il si...? Expriment une modélisation.
- Quelle est la répartition spatiale d'un phénomène? Expriment une répartition.
- Quelles sont les zones vulnérables à la pollution?
- Quelles sont les secteurs concernés par le renouvellement des conduites?

Les Systèmes d'Informations Géographiques, représentent la meilleure méthode pour résoudre les principaux problèmes dans l'étude de la vulnérabilité.

Dans la présente étude, Il est nécessaire de recourir à un SIG pour délimiter les zones à forte et faible vulnérabilité à la contamination de l'eau distribuée dans la ville de Barika.

#### **6-1-La répartition spatiale des cross-connexions entre le réseau d'AEP et le réseau d'assainissement.**

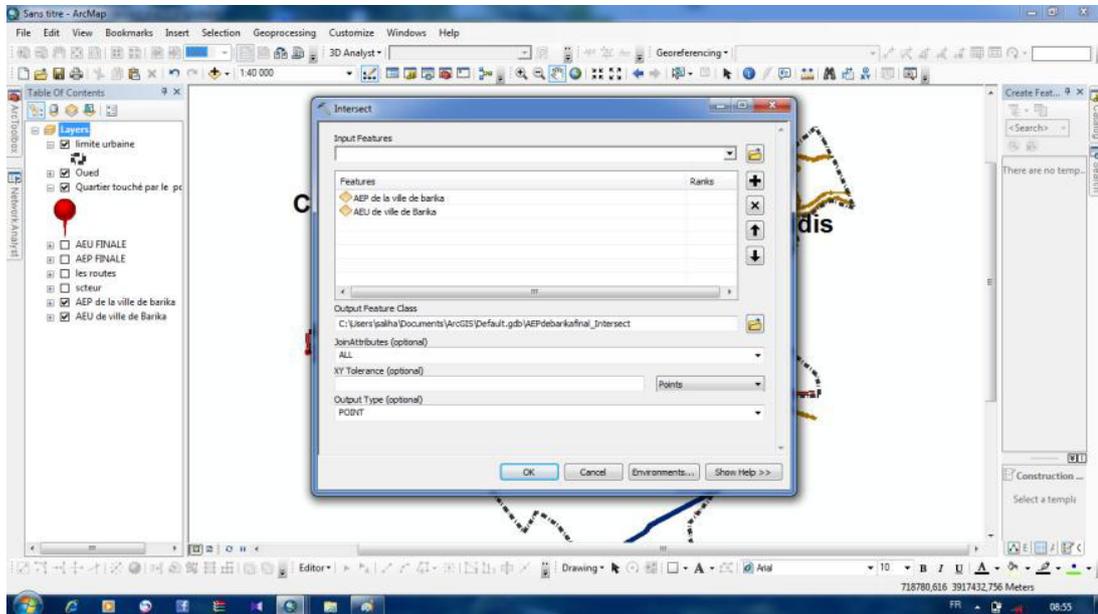
Dans cette approche nous avons superposé le réseau d'AEP avec le réseau d'assainissement

Les cross-connexions ont été identifiées à l'aide de "Intersect Geoprocessing tools" de l'Arc GIS 10.5 (figure.35).Les principales caractéristiques des conduites sont :

Le diamètre, la longueur, l'âge et la matière dont elle est constituée .Les types de matériaux utilisés dépendent beaucoup de la période d'installation (plus vieille conduite en fonte et en amiante ciment et les plus récentes fréquemment en PVC et PEHD .Il existe une relation entre

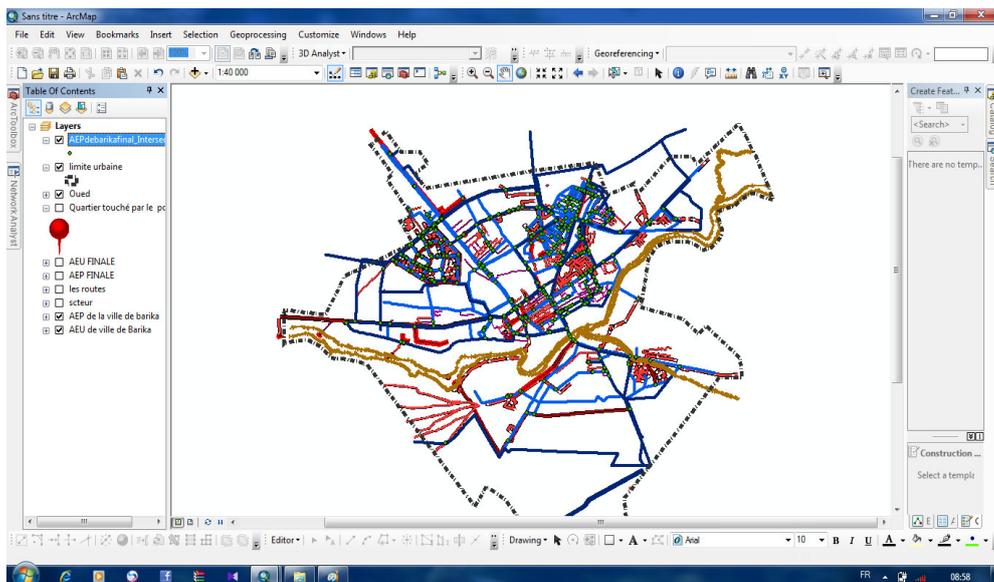
le matériau et l'âge de conduite ; tel que le type de matériau de conduite est un indicateur de l'âge de la conduite.

Figure.35 : Extrait de l'étape d'ntersection entre le réseau d'AEP et assainissement



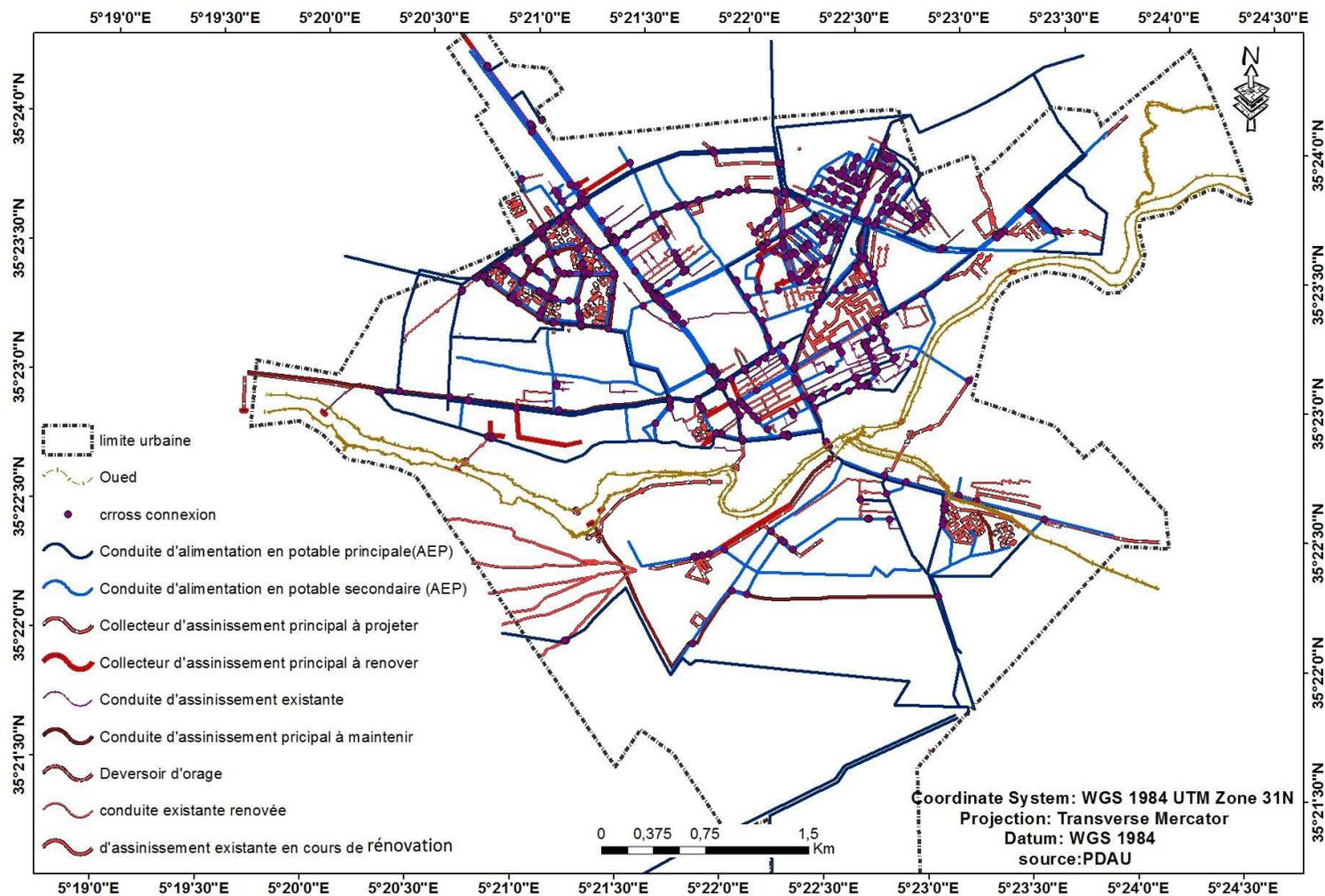
La mise en relation par superposition des deux cartes dans un SIG a permis la réalisation d'une carte de la répartition spatiale des cross connexions (figure.36).Chaque intersection est transformée à un point (cross-connexion).Sur la base de la (Carte N°33) nous avons détecté la présence de 459 connexions croisées dans le réseau de la ville de Barika, dont chacun pourrait constituer une zone de vulnérabilité au risque des MTH. Les résultats de cette étude démontrent l'utilité des SIG dans la gestion des réseaux et leurs problèmes.

Figure .36: Capture écran des cross connexions entre AEP et assainissement



Carte N°33

Répartition spatiale des cross connexions entre le réseau d'AEP et l'assainissement dans la ville de Barika

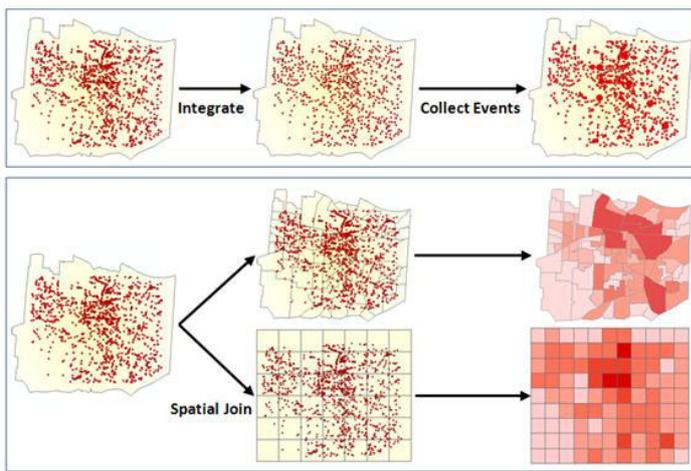


**6-2- Utilisation de l’outil Hot Spot analysis (Getis-Ord Gi\*) pour rechercher les causes d'agrégation des cross connexions.**

Cet outil identifie des clusters spatiaux statistiquement significatifs de valeurs élevées (points chauds) et de valeurs faibles (points froids).

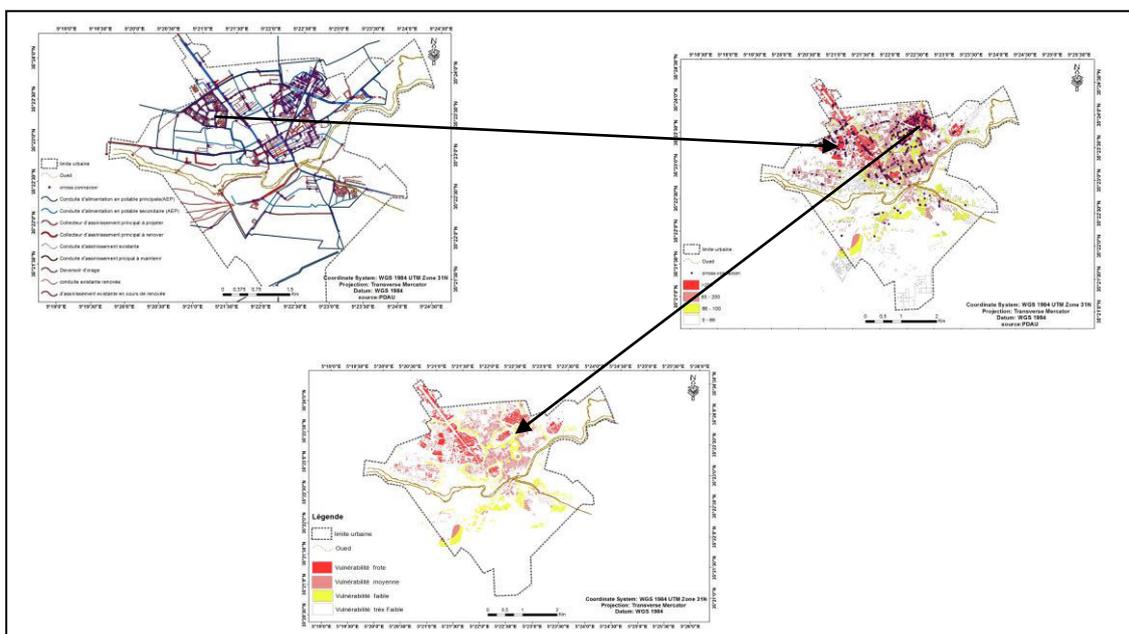
Les outils d'appariement d'agrégats analysent les agrégats pour localiser les hot spots, les cold spots, les points spatiaux aberrants statistiquement significatifs, ainsi que des entités similaires.

**Figure.37 :** Stratégies d'agrégation de données



(<https://pro.arcgis.com/fr>)

La localisation d’agrégats spatiaux est également importante pour rechercher les causes potentielles d’agrégation ; Ainsi, L’analyse des agrégats spatiaux montre que les zones à haut risque (concentration des cross-connexions) correspondent aux anciens quartiers densément peuplés et occupés d’une façon anarchique sans aucune planification préalable (figure .38).



**Figure. 38 :** agrégation spatiale des cross-connexions

## **6-2- Evaluation de la vulnérabilité à la contamination par indice numérique couplé à un SIG**

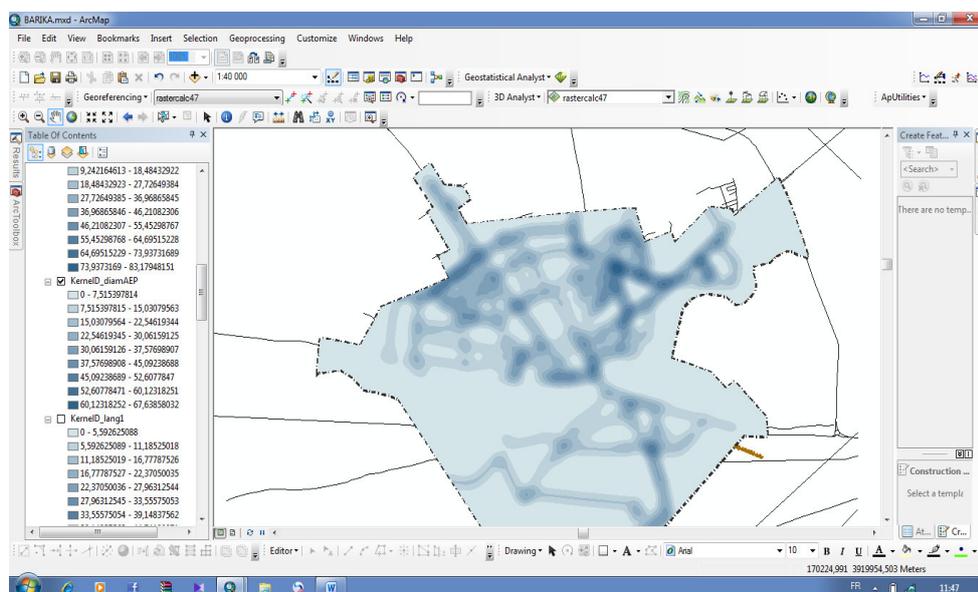
La méthode utilisée se présente sous forme de système de cotation numérique basé sur les cinq facteurs de vulnérabilité à la contamination de l'eau (Age de réseau, forme urbaine matériau des canalisations, fréquence de la distribution de l'eau potable et la densité de la population ( Baziz.N et al 2015). Une valeur numérique appelée poids paramétrique, comprise entre 1 et 5, est attribuée à chaque paramètre, reflétant son degré d'influence. Chaque paramètre est classé en classes associées à des cotes variant de 1 à 4. La plus petite cote représente les conditions de plus faible vulnérabilité à la contamination

La mise en œuvre de cette méthodologie se fait selon :

- ✓ Analyse et numérisation des données
- ✓ Affectation des notes à chacun des paramètres considérés ou encodage
- ✓ Calcul de l'indice de vulnérabilité
- ✓ Cartographie des résultats

Les systèmes d'information géographique (SIG) représentent l'outil le plus adéquat pour l'application de ces méthodes paramétriques. L'approche est réalisée à l'aide de l'arc Gis .Les outils kernel density et MapAlgebra ont été utilisés dans le présent travail.

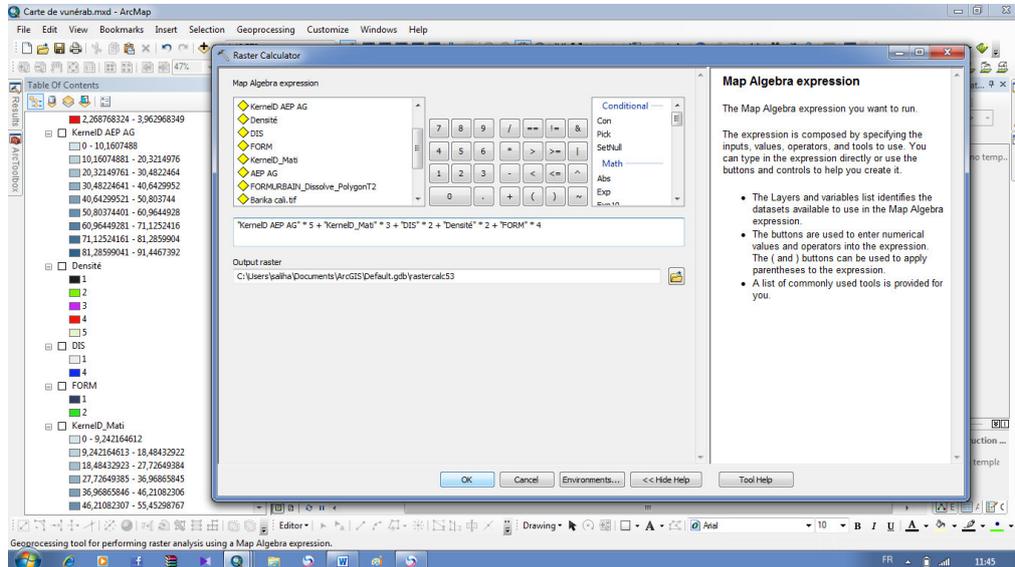
Figure 39 : Capture écran de l'application de kernel density au réseau d'AEP selon la répartition de matériau



L'outil calculatrice raster (raster calculateur) exécute des expressions d'algèbre spatiale (MapAlgebra). Il offre une interface de calculatrice facile d'emploi à partir de laquelle la plupart des instructions Algèbre spatiale peuvent être créées en cliquant simplement sur des

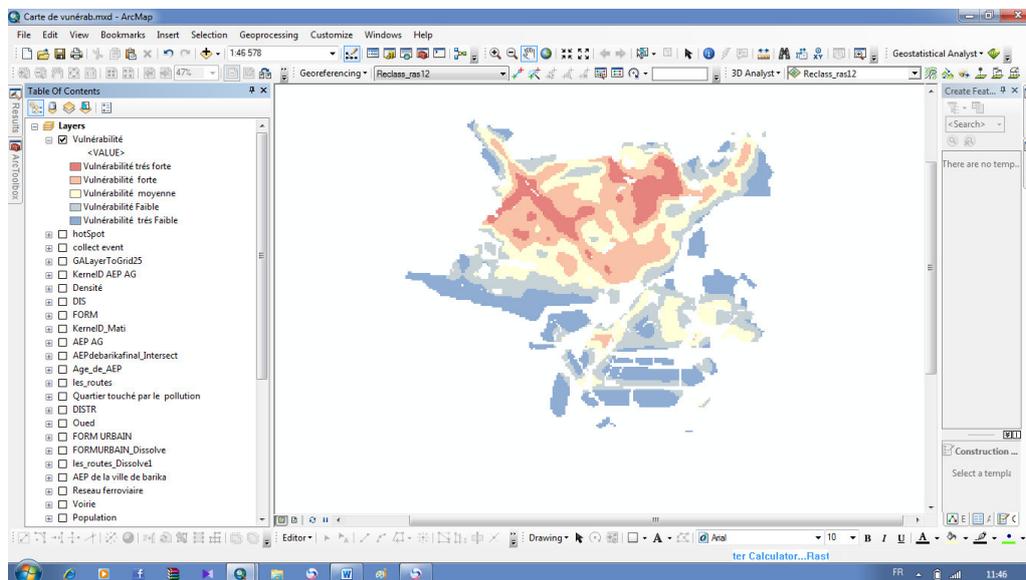
boutons (<http://desktop.arcgis.com>). L'outil Calculatrice raster peut être utilisé de manière autonome. Dans l'expression ci-dessous, cinq rasters sont additionnés selon un ordre de précedence défini (Figure ci- après).

**Figure.40:** Extrait de l'application de l'outil calculatrice raster



La classification des indices permet de spatialiser la vulnérabilité relative de chaque secteur étudié (figure.41)

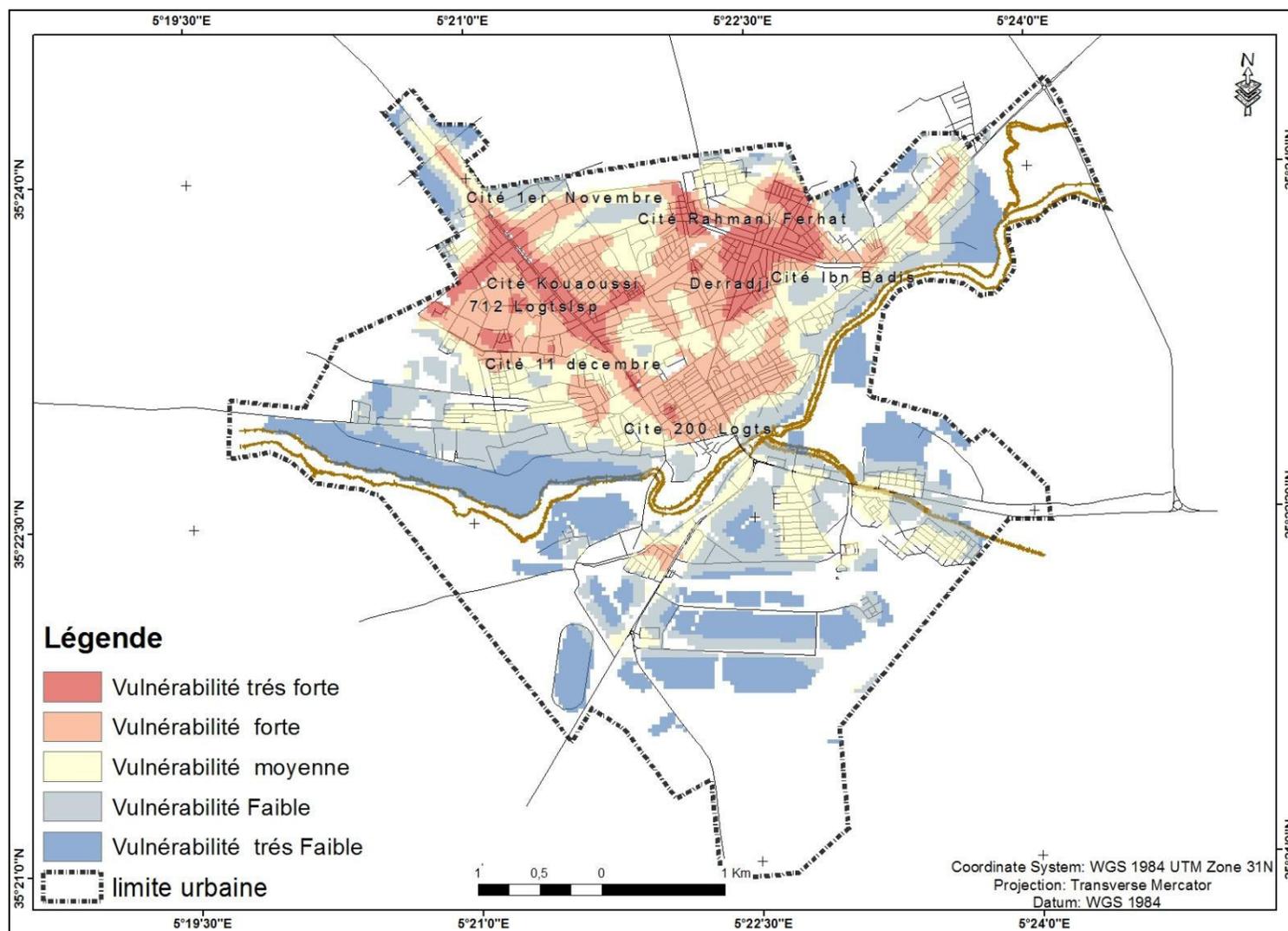
**Figure.41 :** Capture écran de la carte de vulnérabilité



La carte de vulnérabilité établie (carte N° 34) montre cinq classes de vulnérabilité d'inégale répartition spatiale: très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée: une classe à

Carte N° 34

Carte de vulnérabilité à la contamination de l'eau dans la ville de Barika



Vulnérabilité très faible couvrant 23% de la ville et essentiellement située dans les nouvelles zones périphériques de faible densité et les endroits où sont localisés les équipements. Les degrés de vulnérabilité les plus élevés couvrant 08 % de la superficie du territoire sont localisés essentiellement dans les anciens quartiers caractérisés par un réseau vétuste et une forte densité aussi cette classe de vulnérabilité située dans les quartiers anarchiques qui enregistrent le plus de branchements illicites. Les contaminations de l'eau sont fréquemment rencontrées dans ces zones urbaines. En absence de contrôle et surveillance, ces zones peuvent avoir des conséquences dramatiques sur le plan sanitaire

### **7-Résultats et discussion :**

L'application d'un système d'information géographique SIG nous a permis de constater que les zones de fortes vulnérabilités correspondent aux endroits où le nombre de cross –connexions est très élevé notamment les quartiers anciens de forte densité qui rallient la vétusté du réseau, les matériaux des conduites vulnérables, ainsi que les zones d'urbanisation anarchique non maîtrisable, sièges des branchements illicites, non-conformes aux normes techniques. Il faut noter que cette étude pour être complète doit prendre en compte les zones de fuites et les spatialiser afin de les coupler avec les autres informations pour une analyse et une interprétation plus complètes. En effet le renouvellement de tronçons de conduites, par exemple, peut être basé sur des requêtes croisées de l'âge et les matériaux constitutifs des conduites et le nombre de fuites par tronçon.

D'une façon générale la réalisation des cartes de vulnérabilité à la pollution à l'aide d'un SIG réside dans le nombre et la qualité des paramètres à prendre en compte.

### **8-Validité de la méthode :**

Pour valider cette approche, en établissant une comparaison des résultats de la vulnérabilité avec la carte de répartition des cas de pollution enregistrés dans la ville (cas de pollution déclarés). Cette étude a montré une bonne corrélation entre les zones considérées comme vulnérables par cette méthode et les zones réellement contaminées (figure.42)

Le modèle cartographique élaboré a été testé; il reflète la réalité du terrain. Cette méthode peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable.

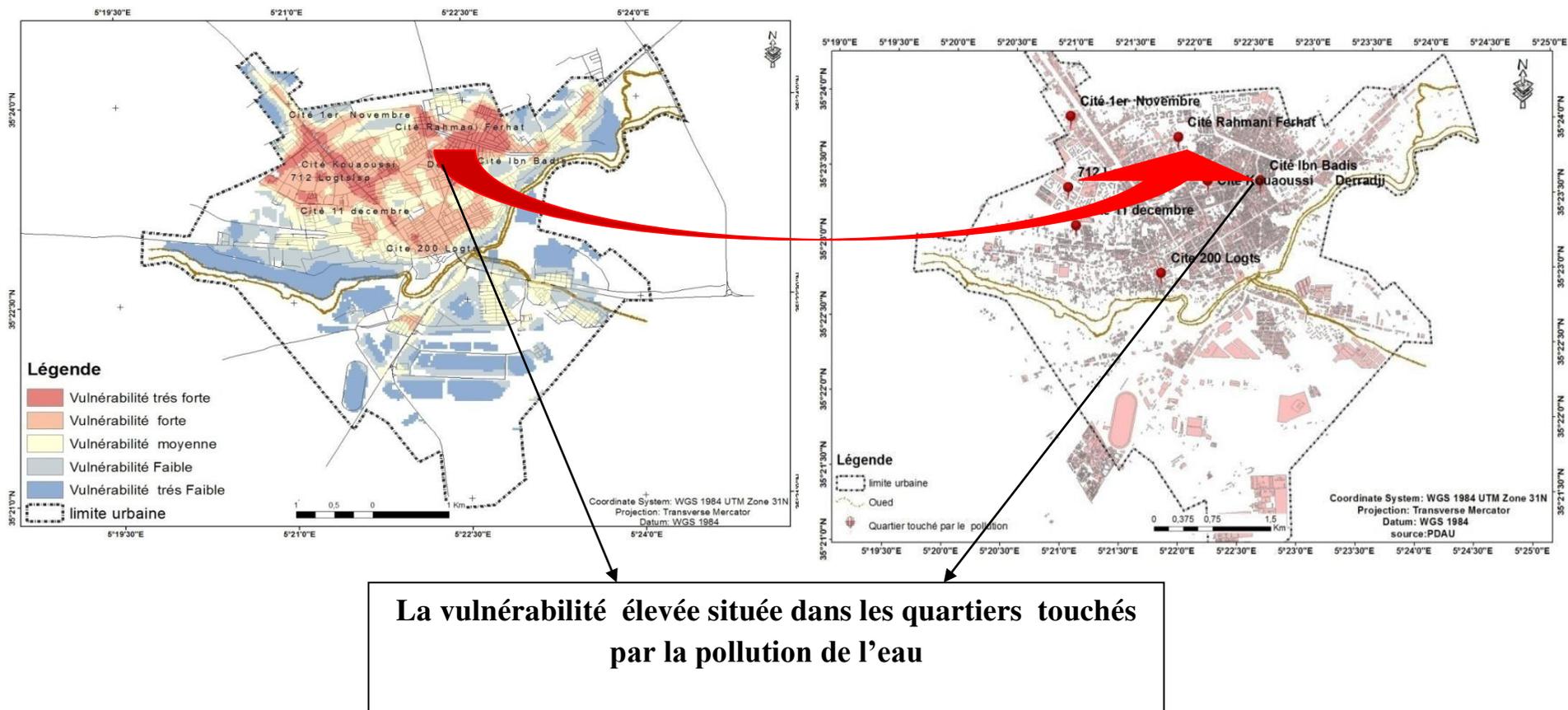
La carte spatialisée de la vulnérabilité permet aux responsables d'assurer une gestion durable de l'eau potable. Elle constitue un support d'aide à la décision en matière de planification et d'intervention en identifiant les zones les plus exposées au risque de la contamination de l'eau.

Figure.42

Validation de l'approche

Carte de la vulnérabilité

Répartition spatiale des cas de pollution enregistrés



**Conclusion :**

Cette étude permet également de mettre en évidence le rôle des techniques de SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de l'eau potable dans le réseau de distribution. Le SIG, par ses techniques, ses fonctions cartographiques et ses fonctions de stockage et d'analyse des données, semble être la meilleure solution pour la bonne gestion des réseaux et leur entretien. La superposition des couches d'informations nous a permis de délimiter les zones à forte et faible vulnérabilité à la contamination de l'eau distribuée dans la ville de Barika. Cela permettra aux décideurs de prendre les précautions adéquates pour protéger le consommateur de risque de contamination de l'eau. La localisation des diverses composantes des réseaux d'AEP et d'assainissement permettant aux organismes intéressés et aux opérateurs en matière d'aménagement, de se repérer et d'en avoir une vision globale.

# CHAPITRE VII

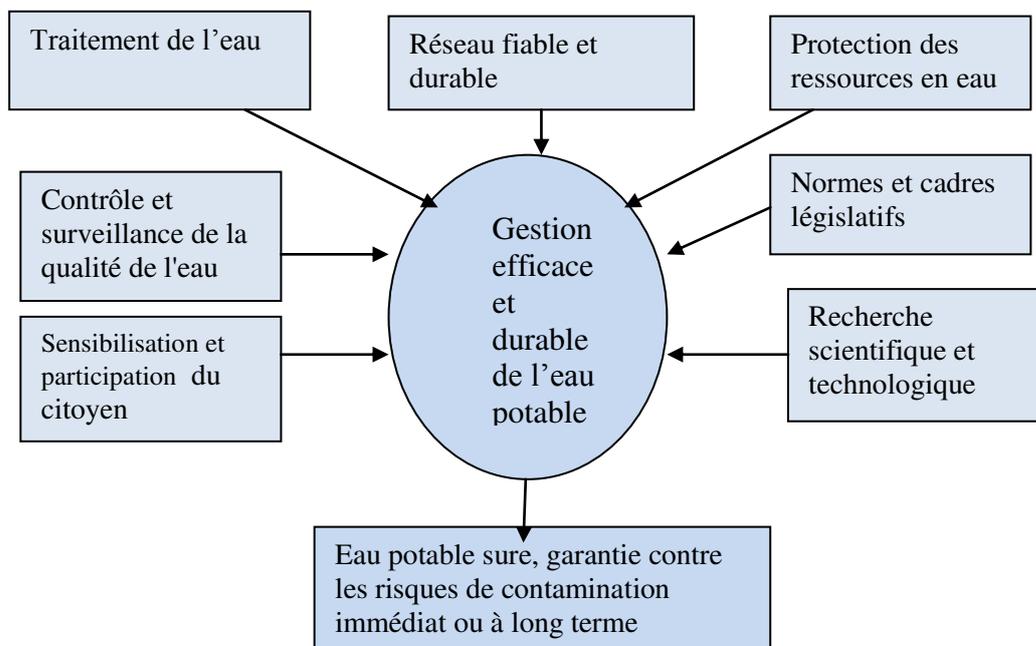
## Recommandations pour une gestion durable de l'eau

**Introduction :**

Un pays qui maîtrise son eau maîtrise son développement (Marc Cote 1996). L'eau est un produit indispensable et est irremplaçable. À notre connaissance, aucune des technologies de ce nouveau siècle ne nous permet de fabriquer de l'eau et rien ne peut lui être substitué et de plus elle ne peut pas être reproduite. Elle doit donc être protégée par des textes de loi sévères et on doit la considérer comme une denrée très précieuse et de plus en plus rare ( Kettab. A et al 2008).

Pour être efficace, les critères de la qualité de l'eau de boisson doivent reflètent deux préoccupations, d'une part de fournir au consommateur une eau sûre, garantie contre les risques de contamination immédiat ou à long terme (qu'ils s'agissent de risques réels, potentiels) et d'autre part de rechercher le confort de consommateur, en distribuant une eau agréable à boire, claire inodore et équilibrée en sels minéraux. Une défaillance dans le système d'alimentation en eau potable peut engendrer de graves conséquences sur la santé publique. Pour garantir en permanence la salubrité de l'approvisionnement en eau potable, plusieurs mesures peuvent être prises à différents points du système d'alimentation en eau potable, du captage au consommateur (Figure.43)

**Fig.43** : Différentes actions pour assurer la propreté, la sûreté et la fiabilité d'approvisionnement en eau potable.



### **1-La lutte contre la pollution des eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont considérées comme étant les eaux de qualité aux quelles il convient d'avoir recours en tout premier lieu, surtout en cas de l'apparition d'un accident de pollution des eaux de surface (barrage), pour cette raison les nappes souterraines doivent être protégées contre la pollution pour rester disponibles dans le future, notamment les eaux souterraines qui sont soumises long temps à des infiltrations des rejets urbains et industriels, qui renferment des éléments toxiques. Ces eaux doivent être protégées avec des périmètres de protection. Des mesures de protection (normes, lois) doivent être prises, afin de protéger l'eau souterraine des risques causés par les activités humaines (industrie, agriculture ...) et garantir ainsi une eau de qualité.

En général pour minimiser le risque et pour freiner la migration des divers polluants (nitrates ; métaux lourds...) vers les eaux souterraines, l'irrigation par les eaux usées et à proximité des nappes souterraines ou des sources d'approvisionnement en eau potable doit être interdite et la réutilisation des eaux usées devra être soigneusement étudiée au préalable et doit s'accompagner de plusieurs actions indispensables.

Le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau sont indispensables. Il est préalable de procéder des analyses périodiques sur la majorité des eaux notamment les points d'eau qui sont situés à proximité des cours d'eau a titre d'exemple les forages qui alimentent une partie de la ville de Batna en eau potable situés dans la plaine d'El Madher qui constitue le réceptacle des rejets urbains et industriels de la ville de Batna véhiculés par Oued El Gourzi. Le suivi de l'évolution du chimisme des eaux est utile pour déterminer le degré de pollution afin d'éviter tout risque sur la santé

### **2-Contrôle et surveillance de la qualité des eaux superficielles**

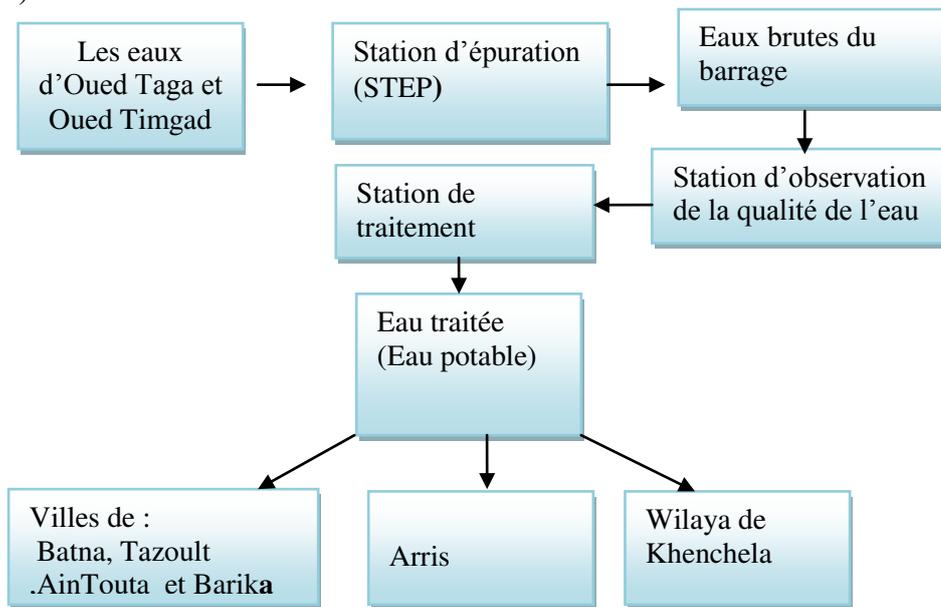
La surveillance contribue à la protection de la santé publique à travers la promotion de l'amélioration des approvisionnements en eau, en termes de qualité.

Les eaux brutes du barrage sont souvent très chargées en particules divers, elles sont caractérisées par des changements très rapides sur le plan qualitatif, elles nécessitent toujours des traitements efficaces pour les rendre potables.

Concernant les eaux du barrage de Koudiat Medouar qui alimentent la wilaya de Batna en eau potable doivent subir plusieurs procédés de traitement et de désinfection

Pour éviter la pollution des eaux du barrage, les rejets d'Oued Reboa (notamment les rejets d'Oued Taga) et les eaux usées d'Oued Timgad doivent être traitées au niveau d'une station d'épuration avant leur déversement dans le barrage (figure ci –dessous)

**Figure. 44** : Protection et surveillance de la qualité des eaux de barrage ( Koudiat Medouar)



En général les eaux superficielles sont sensibles à la contamination, une station d'observation de la qualité des eaux est nécessaire avant que l'eau arrive à la station de traitement, cette station d'observation de la qualité permet de :

- Mesurer certains paramètres physico – chimiques des eaux.
- Protéger l'unité de traitement d'eau potable en anticipant l'arrivée d'une eau brute ne pouvant pas être traitée ou nécessitant une modification des paramètres de traitement.
- Surveiller l'adéquation du traitement aux variations de qualité des eaux brutes et détecter certains polluants toxiques.

La connaissance de l'origine des rejets déversés dans les cours d'eau (oued Timgad et oued Taga) est impérative afin de protéger le consommateur de tout risque .



Photos N° 11 et 12: Oued Reboa et Oued Timgad

La prévention de la pollution, demeure le moyen le plus efficace pour protéger le consommateur de tout risque. La protection des eaux des barrages koudiat Medouar et Béni Haroun consiste en la dépollution des effluents issus des centres urbains situés en amont des barrages. Cependant, l'eau stockée dans des barrages nécessite un processus de traitement spécifique avant d'alimenter les réseaux d'alimentation en eau potable (AEP).

### **3-Les moyens de lutte contre les MTH :**

L'éclosion de multiples foyers des MTH notamment la fièvre typhoïde dans certains centres urbains de la wilaya de Batna liée à la mauvaise qualité bactériologique de l'eau potable due à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross- connexion).

Devant ce problème fondamental, plusieurs mesures peuvent être prises pour améliorer la qualité de l'eau du point de vue micro biologique et assurer cette qualité en tout point de consommation.

#### **3-1-Prévention, contrôle et surveillance de la qualité de l'eau :**

L'eau distribuée au consommateur doit être exempte de polluants biologiques comme les bactéries et germes pathogènes, pour avoir une bonne qualité bactériologique il faut :

##### **3-1-1-La désinfection de l'eau :**

La désinfection de l'eau par l'ozone est un procédé efficace dans le traitement de l'eau destinée au réseau .L'ozone est un gaz qui désinfecte l'eau par oxydation des composants indésirables qu'elle véhicule. Son procédé est généralement jugé plus efficace que les autres types de traitements (chimique, manuel ou automatique), car tous les micro-organismes contenus dans l'eau (bactéries, germes) sont systématiquement détruits au contact de l'ozone.

Dans les conditions actuelles pour la stérilisation de l'eau à l'échelle individuelle et pour le réseau d'alimentation en eau potable la chloration reste le procédé le moins coûteux et le plus efficace, l'utilisation du chlore pour la désinfection de l'eau de boisson présente l'avantage d'une action durable. Une amélioration de la qualité de l'eau de boisson par un traitement domestique, par exemple la désinfection au chlore au niveau de la consommation, entraînerait une baisse de 35% à 39% des épisodes diarrhéiques (OMS 2004). Un réseau d'AEP doit être doté d'un système de chloration pour combattre une pollution accidentelle qui est toujours possible.

En pratique on utilise la chloration automatique (dans les stations de traitement de l'eau) ou la chloration simple par l'eau de javel (hypochlorite de sodium) et le chlore de chaux pour la désinfection des réservoirs de stockage d'eau. Pour être efficace, la javellisation de l'eau destinée à la consommation doit être effectuée selon certaines règles qui varient en fonction

des moyens utilisés (automatiques ou manuels), et selon le type de points d'eau à javelliser une source, un réservoir de stockage d'eau, ....

Pour la mise en service de nouvelle canalisation ou après réfection des conduites, il est nécessaire de pratiquer une désinfection préalable, que l'on effectue en principe à partir du réservoir le plus proche.

### **3-1-2-Les méthodes et contrôle de la désinfection de l'eau**

Le maintien de la bonne qualité bactériologique de l'eau pendant sa distribution nécessite un suivi analytique de contrôle et de prévention, il est indispensable de procéder à des analyses périodiques sur la majorité du réseau pour obtenir une cartographie de la qualité sur des paramètres tel que le chlore et la bactériologie. En effet dans toute eau destinée à la consommation une bonne chloration doit remettre de retrouver une certaine qualité de chlore (chlore résiduel), il faut souligner qu'une dose élevée donnerait à l'eau traitée une saveur désagréable et peut avoir des conséquences gênantes qui ne sont pas sans dangers, une dose trop faible n'assurera qu'une désinfection suffisante.

-Pour être efficace le cl résiduel doit être compris entre 0,8 et 1 mg/l à la sortie de la station du traitement de l'eau (début de réseau).

Au niveau du robinet le taux de cl résiduel doit compris entre 0,1 et 0,2 mg par litre d'eau.

-L'absence confirmée de chlore résiduel dans un point d'eau doit être accompagnée nécessairement d'un prélèvement pour un examen bactériologique.

La concentration en désinfectant résiduel peut diminuer le long du réseau parce qu'il n'est pas stable et produit des réactions d'oxydation. Cette diminution peut devenir très importante dans des réseaux longs. Une solution consiste alors à disposer en divers points du réseau des stations de rechloration pour « relever » le niveau de chlore résiduel.

### **3-2-Autres moyens de lutte contre les maladies à transmission hydrique (MTH)**

#### **3-2-1-Promotion de l'hygiène, salubrité publique et l'amélioration du système d'AEP.**

La maîtrise des MTH dans la wilaya de Batna, passe obligatoirement par l'amélioration des conditions de vie de citoyens (promotion de l'habitat, alimentation en eau potable et assainissement du milieu).

Les solutions à mettre en œuvre pour assurer la propreté, la sûreté et la fiabilité d'approvisionnement en eau potable sont les suivantes :

- La rénovation des réseaux vétustes et le remplacement des conduites non conformes aux normes techniques vont améliorer la situation dans les zones exposées au risque des MTH.

- Le respect des normes d'urbanisation universellement admis reste une obligation qui permet de mettre en terme aux contaminations des eaux de boisson par les eaux usées.
- La formation d'un personnel qualifié et son affectation à la conception, à la réalisation, au fonctionnement et à l'entretien des réseaux d'alimentation en eau potable demeure la priorité.

### **3-2-2-Collaboration intersectorielle :**

Les prises de décisions intégrant l'ensemble des acteurs sont la clé d'une gestion durable (SWITCH, 2008, Granger. D 2009). Afin d'assurer une gestion optimale il devient nécessaire de faire participer l'ensemble des intervenants dans le domaine de la gestion de l'eau.

La collaboration intersectorielle doit être permanente et conserve en particulier les secteurs de l'habitat, de l'Algérienne des eaux (ADE), des ressources en eau et de la santé, la participation des collectivités locales demeure fondamentale. Cette collaboration doit revêtir divers aspects et entreprendre de nombreuses actions selon des axes prioritaires que l'on peut résumer :

- Lutte contre la construction anarchique, elle repose nécessairement sur le respect de la loi sur l'urbanisme et sur l'environnement, délivrance du permis de construire, respect du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation des sols (POS).
- Suivi et contrôle technique des services de l'hydraulique pour tout projet de construction du réseau d'AEP ou réseau d'assainissement à toutes les étapes (étude, conception, suivi, réalisation et réception).
- La recherche et la réparation des fuites permettront non seulement, d'améliorer les performances du réseau en matière de rendement, mais aussi de diminuer les risques de contamination de l'eau. Selon la cellule de veille et de surveillance des réseaux 365 fuites d'eau ont été recensées au niveau de la wilaya dont 202 ont été réparées pendant le mois de Mars 2017. Le bilan de cette cellule fait ressortir également que durant le même mois 111 cas de branchements illicites dont 33 ont été éliminés.
- Mise en place effective et opérationnel des bureaux communaux d'hygiènes (BCH) dans le respect de la réglementation en cours et mise en place effective des laboratoires d'hygiènes. Leurs programmes doit être axés surtout sur le contrôle bactériologique de toute eau destinée à la consommation.
- Information et sensibilisation des citoyens sur les modalités de transmission des MTH et sur les mesures préventives efficaces.

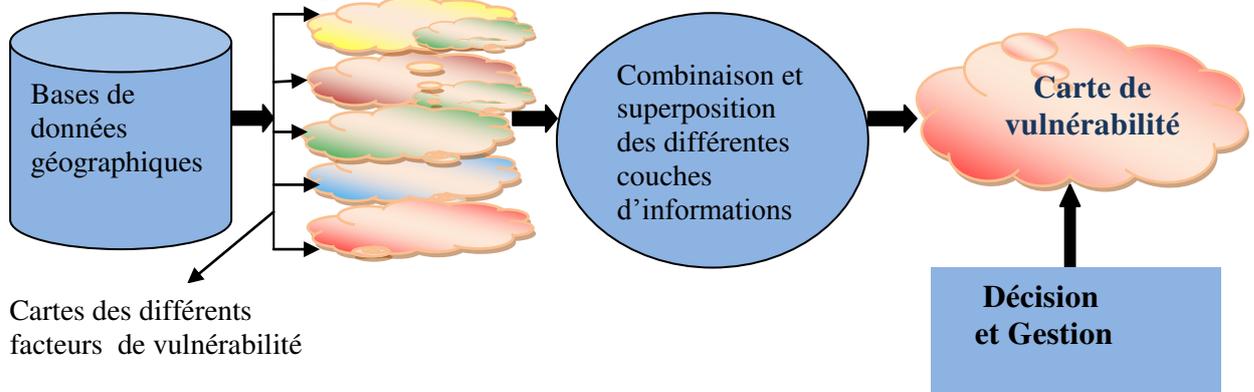
#### **4-Utilité des SIG dans la gestion des réseaux d'eau et leur entretien**

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace (Dimitri S. et al. 2007).

Le SIG, par ses techniques, ses fonctions graphiques et cartographiques et ses fonctions de stockage et d'analyse des données, semble être la meilleure solution pour la bonne gestion des réseaux d'eau potable et d'assainissement et leur entretien. Il peut constituer une solution aux problèmes rencontrés par les réseaux.

La pollution de l'eau résultant de la combinaison de plusieurs facteurs, les SIG sont des puissants outils pouvant servir à la combinaison des données. Ils Permettent d'élaborer diverses cartes thématiques en croisant les différentes couches d'informations stockées dans la base de données.

Pour mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité dans le temps et l'espace Il sera nécessaire d'effectuer une spatialisation cartographique des différents paramètres influant sur le niveau de vulnérabilité. Le SIG offre les possibilités de croisement au sein d'une base de données spatialement référencée de façon à extraire généralement des synthèses utiles à la décision (voir Figure.45)



**Figure.45:** SIG outil d'aide à la gestion et à la décision

La carte de vulnérabilité est considérée comme un outil d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire, elle permet d'orienter les organismes intéressés pour assurer une gestion durable de la ressource en eau. Une adéquate gestion des réseaux d'eau potable nécessite de disposer d'une base de données actualisée où les informations requises sont reliées au même référentiel spatial.

En effet, les SIG ont la capacité, grâce à leurs systèmes de gestion de base de données, de stocker des données, de les traiter et les rendre en vue d'offrir une meilleure perception des

problèmes liés à l'eau afin d'y porter les solutions appropriés pour une gestion durable de l'eau. Dans le cas des réseaux un SIG permet de :

- ✓ Acquérir une bonne connaissance sur les constituants du réseau
- ✓ Cartographier et analyser géographiquement les données du réseau,
- ✓ Faire le suivi des dysfonctionnements du réseau et facilite les interventions sur les réseaux (Rénovation, réhabilitation et maintenance).
- ✓ Géo localiser les différents zones de vulnérabilité au risque de contamination
- ✓ Gérer et Programmer la distribution d'eau potable.
- ✓ Modéliser et de prévoir les évolutions futures des consommations, qui seront croisées avec les données démographiques et permettra de planifier les extensions futurs.

### **Conclusion :**

L'eau est l'élément naturel qui fait l'objet d'une surveillance attentive pour la prévention de la santé publique. Tout dysfonctionnement dans la distribution de l'eau en qualité peut avoir de graves conséquences en santé publique. A cet effet les ressources en eau potable doivent être protégées de toute risque de pollution (immédiat ou à long terme). Le développement et la gestion de l'eau doivent se fonder sur une formule de participation qui fait intervenir à tous les niveaux, les usagers, les planificateurs et les décideurs, c'est-à-dire la gestion durable de l'eau potable doit se reposer sur un système fiable.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont aujourd'hui indispensables aux acteurs des territoires. Face à des problèmes d'aménagement de plus en plus complexes, ils offrent aux décideurs les supports cartographiques nécessaires à la gestion, à la décision et à la communication territoriales. Ils se présentent de nos jours comme des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision

conclusion générale

## *Conclusion générale*

---

### **Conclusion générale :**

Une défaillance dans le système d'alimentation en eau potable peut engendrer de graves conséquences sur la santé publique. Afin d'assurer à la population une alimentation en eau potable de qualité, s'impose alors une gestion des risques sanitaires à différents points du système de distribution d'eau potable. A l'issue de cette étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau potable dans la wilaya de Batna et les risques associés, il ressort que la majorité des paramètres physico-chimiques analysés des eaux souterraines sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau exceptés celles de certains échantillons qui sont influencées par une forte minéralisation des eaux provenant des forages proches des Sebkhass, ces eaux sont plus minéralisées mais pour des impératifs de gestion cet apport est indispensable, il serait intéressant de rechercher des optimisations de cet apport du point de vue débit- qualité.

En ce qui concerne les échantillons analysés on remarque que les nitrates sont présents dans toutes les eaux souterraines, la valeur supérieure aux normes de l'OMS a été trouvée dans les eaux des forages suivants : El Madher<sup>1</sup>, DJerma<sup>1</sup>, puits Soukhal (Fesdis), forage d'Ouled makhoulouf ( Merouana) avec des concentrations supérieures aux normes. Les pratiques de la fertilisation intense des sols dans ces zones et l'irrigation des cultures à partir des eaux usées riches en azote constituent sans nul doute les facteurs de contamination des eaux souterraines par infiltration.

A partir des résultats obtenus on a constaté que les teneurs en Ca, Mg, Cl, K et Na dans les eaux superficielles (barrage Koudiat M'douar) sont inférieures aux valeurs limites. Les nitrates peu abondants dans ces eaux, les résultats d'analyses montrent que les teneurs en nitrates n'ont pas dépassé 3.53 mg/l dans les eaux traitées. Les eaux superficiels sont fréquemment contaminées, elles doivent être correctement traitées, la connaissance de l'origine des rejets est impérative afin de protéger le consommateur contre tout risque.

Actuellement dans la wilaya de Batna le problème de l'eau reste encore et de très loin le péril microbiologique dû à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross-connexion). Les eaux souterraines sont souvent d'une grande pureté bactériologique, cette qualité se dégrade au fur et à mesure, dans le réseau de distribution et avant d'atteindre le robinet du consommateur. La mauvaise qualité bactériologique de l'eau de boisson à Batna est due à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (cross – connections), ce facteur reste le plus favorisant des foyers des maladies hydriques notamment la fièvre typhoïde.

## *Conclusion générale*

---

L'approche indicielle des paramètres de vulnérabilité et la mise en œuvre de base de données géoréférencées associée à un SIG nous a permis de mettre en évidence les causes réelles de vulnérabilité au risque des MTH dans le temps et l'espace dans la ville de (Batna) confrontée au problème de qualité. Cette méthode peut être appliquée à tout réseau de distribution de l'eau potable en compte des cinq paramètres influant sur le niveau de vulnérabilité (Age des réseaux, urbanisation anarchique, nature de matériaux des conduites, densité de la population, insuffisance des ressources hydriques ....)

Dans le SIG chaque paramètre est notée sur une couche en lui affectant une valeur numérique correspondant à son poids, c'est-à-dire son influence sur la vulnérabilité de l'eau à la contamination. Ensuite ces cartes sont superposées sur une couche résultat ou sera calculé l'indice de vulnérabilité. Le potentiel de la contamination augmente dans le même sens de l'indice. C'est-à-dire plus le résultat final est élevé, plus la zone est vulnérable.

Un SIG permet ainsi de répondre à un certain nombre de questions telles qu'où se trouve un phénomène mettant ainsi en évidence la répartition spatiale des phénomènes présents sur un territoire donné. Dans la présente étude le SIG par ses fonctions et ses techniques a facilité la localisation des cross connexions (potentiels) entre le réseau d'AEP et l'assainissement dans la ville de Barika. Chaque intersection pourrait constituer une zone de vulnérabilité potentielle au risque des MTH.

Les résultats obtenus permettent de visualiser les principales zones à risque de contamination bactériologique de l'eau distribuée. Les zones plus vulnérables sont notamment les quartiers anciens de forte densité qui rallient la vétusté du réseau, les matériaux des conduites vulnérables, ainsi que les zones d'urbanisation anarchique non maîtrisable, sièges des branchements illicites.

Les modèles cartographiques élaborés ont été testés; ils reflètent la réalité du terrain. Les différentes cartes éditées peuvent être utilisées comme des outils d'aide à la décision indispensable à la protection de la source et du consommateur. Par ailleurs la base de données numérique que nous avons élaborée, permettra un suivi spatio-temporel du niveau du risque dans chaque secteur de la ville et dont la nature et l'ampleur préparent à une situation sanitaire et environnementale catastrophique

Cette étude a également montré l'utilité des SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité au risque des maladies à transmission hydrique. Ainsi les résultats obtenus démontrent la capacité des SIG dans la gestion des réseaux et qui peuvent fournir les informations indispensables dans la prise de décision. Une adéquate gestion des réseaux d'eau potable

## *Conclusion générale*

---

nécessite de disposer d'une base de données actualisée où les informations requises sont reliées au même référentiel spatial.

A l'issue de ce travail qui doit comporter sans doute encore de lacune et l'insuffisance, en égard à l'importance et la complexité de problème traité nous pensons que d'autres études pourraient à l'avenir compléter et enrichir ce modeste travail. .

# Références bibliographiques

## *Références bibliographiques*

### **A**

- Abdelbaki Chérifa 2014 Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG- Cas du Groupement Urbain de Tlemcen –Thèse de Doctorat en Hydraulique Université de Tlemcen
- Abdoulaye Abdoul-Ramane 2017 Utilisation des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour une gestion optimale des ressources en eau en Afrique Occidentale: Cas de la commune de Nikki en République du Bénin International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 19 P. 526-541.
- Alain Roche Pierre- 2003 .L'eau, enjeu vital pour l'Afrique .Afrique contemporaine 2003/1 (n° 205).
- Anowa Evrade Larissa Eba Kan Jean Kouame Serge Deh René Balliet Mahmoud Touré 2016 Évaluation de La Vulnérabilité A La Pollution D'une Eau De Surface destinée a l'adduction d'eau Potable d'une métropole. Cas De La Lagune Aghein A Abidjan, (Sud De La Cote D'ivoire) European Scientific Journal edition vol.12, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- Ayari Khadija, Chabaane Lili Zohra 2015 .Conception d'un modèle de données pour les réseaux d'eau potable de la SONEDE : validation sur le réseau d'Amilcar Conférence internationale annuelle de Géomatique et Analyse Spatiale SAGEO'15 (Spatial Analysis and GEomatics)– Hammamet – Tunisie

### **B**

- Baali F. A. Rouabhia, N. Kherici, L. Djabri, L. Bouchaou, A. Hani 2007 Qualité des eaux souterraines et risque de pollution en milieu semi-aride. Cas de la cuvette de Chéria (NE Algérien) Estudios geologicos P 127-133 ISSN 0367- 449
- Baouni Tahar Les dysfonctionnement de la Planification urbaine et des transports urbains dans les villes Algériennes P 12 CODATU XIV
- Baptiste Poitelon Jean, Michel Joyeux, Bénédicte Welté, Jean-Pierre Duguet et Michael Scott DuBow 2011 Le réseau de distribution d'eau potable : un écosystème complexe lié à des enjeux de santé publique » Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 24, n° 4, 2011, p. 383-418
- Baziz Nafissa 2007- Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Thèse de magister option : dynamique des milieux physiques et risques naturels. Université Elhadj Lakhdar Batna.
- Baziz Nafissa , Kalla Mahdi , Dridi Hadda, Boutrid Mohamed Lamine 2015. Analyse et modélisation de la vulnérabilité aux maladies à transmission hydrique dans l'espace urbain de la ville de Batna – nord-est Algérien Rev. Roum. Géogr./Rom. Journ. Geogr., 59, (1), p. 41–53, 2015, Bucuresti.
- Beauchamp Jacques, 2006. Qualité et pollution des eaux souterraines .Université de Picardie Jules Verne
- Beaudeau P., H. de Valk , V. Vaillant et D. Moul y (2007). Détection et investigation des épidémies d'infection liées à l'ingestion d'eau de distribution, approche intégrée environnementale et sanitaire. Institut National de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, France, pp. 1-108

- Bendib Abdelhalim , DridiHadda, KallaMahdi, BazizNafissa 2016 Spatial analysis of typhoid fever vulnerability in the city of Batna (eastern Algeria). Environnement, Risques et Santé, Volume 15, Numéro 3.
  - Bonnin Jacques1986., Hydraulique Urbaine Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance, Edition Eyrolles , 254 p.
  - -Bourouaha, M. et al. (2007), L'étude de la relation entre habitat précaire et santé publique dans deux quartiers de la ville de Tlemcen en Algérie Koudia et Ouali Mustapha. Revue des civilisations, 18.
  - Boukheris H. et Soukhel .A 2002 MTH une situation inquiétante bulletin international de l'eau et environnement édité par EEC.
  - Boutebba K., Bouziane M.T., Bouamrane A. 2014, Aide a la décision pour l'optimisation de la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, pp. 279-296
  - Bouziani. M 2000: L'eau de pénurie aux maladies édition Ibn Khaldoun P. 247.
  - Bernard .Rio 2006 L'eau et la vie guide pratique éditions du dauphin75014 Paris ISBN2006 P 205.
  - BrigitteVu 2008 Guide de l'eau domestique éditeurs: Eyrolles p128
- C**
- Charlotte Roudier Daval (2006), Les maladies parasitaires en milieu urbain. Intérêt et limites de l'analyse spatiale. Espace populations sociétés p. 381-392.
  - Céline PULCINI 2014 Epreuves Nationales classantes (E.N.C) Maladies infectieuses p430 89.
  - Claude foret - jean 2010 Maitrise dela qualité de l'eau dans les réseaux de distribution 1<sup>ère</sup> édition 2010 tome 2 : Exploitation et maintenance du réseau commission eau potable de l'ASTEE préface de martine vullienne p 469
  - Conférence Nationale de l'Usage Rationnel des Médicaments en Algérie (PURMA) Alger
  - Damien Granger2009 .Méthodologie d'aide a la gestion durable des eaux urbaines .Thèse doctorat l'institut national des sciences appliquées de Lyon. Spécialité : Génie civil urbain
  - Didier Gaujous1995 : La pollution des milieux aquatique lyonnaise des eaux, 2<sup>ème</sup> édition, Paris. P 217.
  - Didier Agossadou, Ghislain Emmanuel Sopoh, Michel Boko2016. Microbiological Quality Assessment of Drinking Water in Lalo Commune, Benin (West Africa) (Journal of Water Resource and Protection, P 816-822.
  - Dimitri Sangaet Bakary Dosso 2007 The African Statistical Journal, Volume 5, L'utilisation des systèmes d'information géographiques dans les Instituts/Bureaux nationaux de statistique africains p161--1812
- E**
- Eliane Gleize 2011, Les visages de l'eau à Réallon ? Richesse ? Calamité ? Édité par Patrimoine en Réallonnais Fournel.

- EL HAJI Mounia, Boutaleb Said, LAAMARTI Rokia I et LAAREJ Leila 2012 . Qualité des eaux de surface et souterraine de la région de Taza (Maroc) : bilan et situation des eaux Afrique SCIENCE 08(1)) 67 - 78 ISSN 1813-548X
- Emmanuel Ngnikan et Emile Tanama 2011 Eau et santé .Université de technologie p320.
- Éric Drouart 1999Alimentation en eau des populations menacées .Editeur(s) : \_Hermann P : 565 EAN13 9782705663865

## F

- François Anctil 2017 .L 'eau et ses enjeux. Editeur DE BOECK SUPERIEUR 2<sup>ème</sup> édition p188.

## G

- GhachiAzzedine2 013 L'eau urbaine en Algérie .Sciences et Technologie Université Constantine 1, Algérie, Faculté sciences de la terre D - N°37,). pp.51-56
- Ghazali D., ZAID 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source ainsalama-jerri(région de Mekness-Maroc-Larhyss journal n°12

## I

- Igor Blindu 2004 Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques thèse de doctorat université de Jean Monnet Saint-Etienne.
- Introduction a l'analyse de qualité de l'eau de boisson. Manuel de formation du CAWST Edition de Juin 2009.
- Introduction a l'analyse de qualité de l'eau de boisson. Manuel de formation du CAWST Edition de octobre 2013 CAWST (Centre for Affordable Water and SanitationTechnology).
- Institut national de santé publique INSP (Algérie). Situation épidémiologique sur la base des cas déclarés à l'INSP(2004, 2019, 2011 ,2012)

## J

- Jean-LucCelierier et Jean-Antoine faby1 : La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux fonds national pour le développement des adductions d'eau Office International de l'Eau SNIDE p98
- Jean-Baptiste Poitelon, Michel Joyeux, Bénédicte Welté, Jean-Pierre Duguet et Michael Scott DuBow 2011 Le réseau de distribution d'eau potable : un écosystème complexe lié à des enjeux de santé publique » Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 24, n° 4, 2011, p. 383-418.

## K

- Kahoul M., Touhami M. 2014 évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138
- KASDALLAH Najet2013 thèse de doctorat de géographie : Dynamiques d'urbanisation des villes intermédiaires au Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) : Effet chef-lieu et perspectives de développement Université de Cergy-Pontoise.
- Kettab Ahmed 1992: Traitement des eaux potables office des publications universitaires Ben Aknoun – Alger

- Kettab Ahmed, Mitiche Ratiba et Bennaçar Naoual 2008. De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies 20e anniversaire de la Revue des Sciences de l'Eau Volume 21, numéro 2, 2008 P247-256.

## L

- Léocadie Odoulamila 2009 Problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin) Thèse de Doctorat Université d'Abomey-Calavi
- Lee Jung-Seok , Vijayalaxmi V. Mogasale, Vittal Mogasale and Kangsung(2016). Geographical distribution of typhoid risk factors in low and middle income countries BMC Infectious Diseases 732 DOI 10.1186/s12879-016-2074-

## M

- Manuel pratique d'analyse de l'eau 4ème édition Fondation Nationale de la Santé Brasilia, 2013p 159
- Marc Cote 1996. L'Algérie espace et société Masson, paris, p253.
- Masmoudi Rachid 2009. Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides cas de la région de Biskra. Thèse de doctorat université Mohamed khider – Biskra.
- Meberki Azzedine 1984. : Ressources en eau et aménagement en Algérie le bassin du kébir Rhumel Office des Publications universitaires Alger P 301.
- Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement tome 1, l'eau dans la ville, Lyonnaise des eaux Lavoisier .Paris 1994.
- Mpakam Hernanie Grelle, KamgangKabeyene BV, Kouam Kenmogne GR, TamoTatietsé T, Bemmo N Ekodeck GE (2006), Accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement: Cas de Bafoussam (Ouest-Cameroun), Vertigo 7, 2.

- Martine vullienne jean Claude foret 2010 Maitrise dela qualité de l'eau dans les réseaux de distribution 1<sup>ère</sup> édition 2010 tome 2 : Exploitation et maintenance du réseau commission eau potable de l'ASTEE préface de p 469.
- Mohamed Hafedh Hamza, Ayed Added1, Alain Frances', Ramiro Rodriguez, Mohamed Ajmi, Saâdi Abdeljaoued Validité de l'application des méthodes de Vulnérabilité drastic, sintacs et si à l'étude dela pollution par les nitrates dans la nappe Revue des Sciences de l'Eau
- Mouhaddach omar ,mohamed ben-daoud sophie vanwambeke, marie-Paule Kestemont, Samir El Jaafari Analyse spatio-temporelle de la fièvre typhoïde au niveau de la ville de Meknès (Maroc) 2015 Revue francophone sur la santé et les territoires .

## N

- Nigel Francis Light foot..2002 Analyse microbiologique des aliments et de l'eau .Eddie Arthur Maier Paris ISBN P184.
- Nordine Nouayti1, Driss Khattach1, Mohamed Hilali 2015 Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) 1068-1081 ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESC� 1068

## O

- Organisation mondiale de la santé (OMS) 2004 directives de qualité pour l'eau de boisson. Genève troisième édition volume 1 recommandations
- Organisation mondiale de la Santé (OMS) 2014. L'amiante chrysolite. Elimination des maladies liées à l'amiante Département Santé publique, environnement et déterminants sociaux de la santé (PHE) Santé de la famille, de la femme et de l'enfant (FWC) Genève 27 – Suisse.

## P

- Patrick Levallois 2006: défis actuels. Eau potable et santé publique et futurs » Patrick Levallois Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 19, n° 2, 2006, p. 127-135
- P. Payment , P.Hartemann1998 les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé. Revue des sciences des eaux n° spécial 199-210.
- Pierre-Alain Roche 2003 .L'eau, enjeu vital pour l'Afrique .Afrique contemporaine 2003/1 (n° 205).
- Petre BRADOSCHEToury-Lurcy, Franț 2011 Introduction à l'étude de la corrosion des canalisations d'eau potable en fonte grise Toury-Lurcy, Franța Buletinul AGIR nr. 1/2011 Ianuarie-martie
- Polonsky Jonathan A, Isabel Martínez-Pino, Fabienne Nackers, , Prosper Chonzi, Portia Manangazira Michel Van Herp, Peter Maes, KlaudiaPorten, Francisco J. Luque2012 Descriptive epidemiology of typhoid fever during an epidemic in Harare, Zimbabwe. PLoS ONE; 9: 1-16.
- PRIVATNDAYIH Anzamso 2011 qualité de l'eau potable obtenue d'un traitement des eaux de surface .Editions universitaires Européennes
- Propeck Zimmerman, Eliane, Thierrey Saint-Gerand, Emmanuel Bonnet (2009), Nouvelles approches ergonomiques de la cartographie des risques industriels. Mappemonde, 96, pp. 13–19. 15.
- Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) de Batna et de Barika
- Plan d'aménagement de la wilaya (PAW) de Batna.

## R

- Rhidouani .A, Alami. I. IdrissiI ,Addou .M et I.B.N. Ahmed 2012. Incidence de pluies exceptionnelles sur un aquifère hétérogène côtier (M'nasra, Maroc) Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(5): 1987-2002,
  - Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments 2005 - Partie 2 : Guide technique de maintenance .Bâtiment et santé
  - Rapport mondial sur ledéveloppement humain 2006Au-delà de la pénurie :Pouvoir, pauvreté et crise mondiale de l'eau. Publié pour le Programme des Nations Unies pour ledéveloppement(PNUD)
  - Remini B. : La problématique de l'eau en Algérie O.P.U Alger 2005 p162
  - Rodier Jean : Analyse de l'eau 7<sup>em</sup> édition 1984 P 1365
  - Rodier .Jean. : Analyse de l'eau 8<sup>em</sup> édition Paris 1996 P.13 83.
  - Rodier Jean. (2009), Analyse de l'eau 9<sup>eme</sup> édition Dunod, Paris.
  -

## S

- Samuel, Rufat (2007), L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour gestion du risque, Géo carrefour, 82, 1–2
- Soukhal. A 2004 .La fièvre typhoïde une maladie historique ré émergente santemaghrab.com.Le guide de la médecine et de la santé en Algérie.
- S. Yonkeu, A. H. Maïga, Joseph Wethé, M. Mampouya et G. P. Maga 2003 Conditions socio-économiques des populations et risques de maladies : Le bassin versant du barrage de Yitenga au Burkina Faso, volume 4 numéro 1 revue électronique en sciences d'environnement

## T

- Tiri A .Etude spatio temporelle des écoulements de surface et leur qualité biochimique Cas du bassin versant de l'oued Reboa à koudiat Medouar, mémoire de Magister 2004
- Tarfaya Chafai 2012 Approche méthodologique pour le diagnostic des réseaux d'eau Magistère en Hydraulique Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture. Université Hadj Lakhdar- Batna.

## V

- Valiron F. : Gestion des eaux tome 2, alimentation en eau, assainissement ,2<sup>em</sup> édition 1989.
- Vilaginé Roland 2003. : Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie Lavoisier F 70008.
- Vivons l'eau ! Guide pratique pour une utilisation rationnelle de l'eau [http://www.wwf.be/\\_media/vivons\\_1\\_eau\\_322101.pdf](http://www.wwf.be/_media/vivons_1_eau_322101.pdf) p84

## Z

- Zouita N. : Etude de la pollution de l'aquifère de la plaine Elmadher (Nord-Est-Algérien) 2001-2002.

### **LES SITES D'INTERNET :**

- -www.who .int
- [www.sc.picardie.fr](http://www.sc.picardie.fr) (bichamp 2006)
- -<http://www.sante.gouv.fr>
- -[http://www.lenntech.com/maladies hydriques/htm](http://www.lenntech.com/maladies_hydriques/htm)
- <http://www.ons.dz/-Recensement-Economique-2011-.html>
- [http://www.wwf.be/\\_media/vivons\\_1\\_eau](http://www.wwf.be/_media/vivons_1_eau).
- [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/facts2004/fr/](http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/fr/)
- [www.santetropicale.com](http://www.santetropicale.com)

### Liste des tableaux

N° du tableau	Liste des tableaux	Page
1	Les communes de la wilaya de Batna	08
2	Coordonnées Géographiques des stations pluviométriques	21
3	Précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude (1989-2014)	21
4	Précipitations moyennes annuelles dans la région d'étude (1989-2014).	23
5	Répartition annuelle des précipitations dans la station d'Ain Skhouna (1989-2012)	23
6	Répartition saisonnière des précipitations. Station d'Ain Skhouna (1988-2010)	23
7	La variation des températures moyennes mensuelles (en °C).	25
8	Données mensuelles moyennes des températures moyennes en °C de certaines stations dans la région d'étude calculées par extrapolation sur la période 2003-2014	28
9	La relation entre les températures et les précipitations $P= 2T$	29
10	La vitesse moyenne du vent en m/s	29
11	Évolution de la population de la wilaya de Batna (1959-2008)	31
12	Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna (1962 -2008).	33
13	Répartition de la population active et occupée	34
14	Répartition de la population occupée par secteur d'activité	35
15	Evolution du parc de logements dans la wilaya de Batna	36
16	Taux de raccordement au réseau d'assainissement (1962-2014)	40
17	Volume d'eau mobilisé (m <sup>3</sup> /j) dans la wilaya	47
18	Les besoins en AEP dans la wilaya de Batna (2014)	51
19	Evolution des besoins en eau / aux ressources hydriques	52
20	Fonctions d'un réservoir	54
21	Situation de réseau d'AEP dans la wilaya de Batna en 2013	56
22	Répartition des conduites par type de matériaux dans la ville de Batna	57
23	Evolution des cas de maladies à transmission hydrique dans la wilaya de Batna durant la période (2000 – 2015).	73
24	Les quartiers touchés par la fièvre typhoïde durant la période (1999 – 2015)	77
25	Les trois dernières épidémies déclarées à Batna (2004, 2005,2009)	79

26	Dosage des métaux lourds dans les eaux souterraines El Madher et Djerma	96
27	Concentration des éléments chimiques des eaux usées avant et après la STEP	97
28	Dosage des métaux lourds des eaux usées avant et après la STEP de la ville de Batna	97
29	Résultats d'analyses DBO <sub>5</sub> et DCO des eaux de barrage en 2012	100
30	Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau potable dans la wilaya de Batna (2003 – 2010).	103
31	Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau potable dans la wilaya de Batna par mois (2016).	104
32	Nombre de cas de pollution enregistrés dans la wilaya de Batna (2012-2015)	105
33	Taux moyen des coliformes totaux à 35° dans les eaux de barrage (2010)	107
34	Taux moyen des coliformes fécaux à 45° dans les eaux de barrage (2010)	108
35	Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau potable dans la ville de Batna (avant les opérations de rénovation).	113
36	Poids des facteurs en fonction de leur vulnérabilité	120
37	Classification et codification des facteurs	121
38	Quartiers touchés par la pollution de l'eau potable dans la ville de Barika (2012-2015)	138

### Liste des cartes

N° de la carte	Titre de la carte	Page
1	Limites administratives de la wilaya de Batna	07
2	Carte hypsométrique	09
3	Carte des pentes	12
4	Réseau hydrographique de la wilaya de Batna	14
5	Carte géologique de la région de Batna	16
6	Carte lithologique	18
7	Répartition spatiale des précipitations	22
8	Répartition spatiale de la densité de la population	32
9	Dotation réelle (l/j/hab. par commune)	53
10	Programme de distribution de l'eau par commune	55
11	Répartition spatiale de nombre de personnes touchées par la typhoïde dans la wilaya (1999-2015)	75
12	Répartition spatiale des teneurs en calcium dans les eaux destinées à la consommation de la wilaya de Batna	87
13	Répartition spatiale des teneurs en sulfates dans les eaux destinées à la consommation de la wilaya de Batna	89
14	Répartition spatiale des teneurs en chlorures dans les eaux destinées à la consommation de la wilaya de Batna	91
15	Répartition spatiale des teneurs en nitrates dans les eaux destinées à la consommation de la wilaya de Batna	93
16	Zones touchées par la pollution de l'eau potable dans la wilaya	106
17	Les secteurs urbains de la ville de Batna	114
18	Distribution de l'eau dans la ville de Batna	116
19	Densité de la population dans la ville de Batna	116
20	Les formes urbaines dans la ville de Batna	116
21	Age des conduites de réseau d'AEP	118
22	Matériaux des conduites de réseau d'AEP	118
23	Carte de vulnérabilité avant la rénovation de réseau	124
24	Carte de vulnérabilité après la rénovation de réseau	124
25	Les quartiers touchés par la typhoïde avant la rénovation	125
26	Les quartiers touchés par la typhoïde après la rénovation	125
27	Quartiers touchés par la pollution (2012-2015)	127
28	Situation de la ville de Barika	131
29	Densité de la population de la ville de Barika	133
30	Type d'habitat dans la ville de Barika	135
31	Réseau d'AEP de la ville de Barika	136
32	Répartition spatiale des cas de pollution de l'eau dans la ville de Barika	139
33	Répartition spatiale des cross-connexions dans la ville de Barika	142
34	Carte de la vulnérabilité à la contamination de l'eau	146

## Liste des figures

N° de la figure	Titre de figure	Page
1	Classification des zones sismiques en Algérie	20
2	Répartition saisonnière des précipitations. Station d'Ain Skhouna (1988-2010)	24
3	Répartition des pluies mensuelles en mm dans la station d'Ain S'Khouna (1989-2012).	24
4	Températures moyennes, minimale, maximale dans la station d'Ain S'Khouna (2003-2014).	25
5	Diagramme ombro-thermique de Gaussien	26
6	Graphique bioclimatique méthode EMBERGER	28
7	Evaporation moyenne mensuelle (Ain Skhouna 1988-2010)	28
8	Vitesse du vent en m/s de la station Ain Skhouna Batna	29
9	Répartition la population par dispersion dans la wilaya	30
10	Evolution de la population de la wilaya de Batna (1959-2008)	31
11	Evolution de la population, urbaine et rurale de la wilaya de Batna (1962 -2008).	33
12	Répartition de la population occupée par secteur d'activité	35
13	Système de transfert hydraulique de Beni Haroun	50
14	Dotation réelle en eau l/j/hab. dans la wilaya	51
15	Répartition des conduites du réseau par type de matériaux dans la ville de Batna	57
16	Incidence de choléra en Algérie (1983-2000)	68
17	Incidence de la typhoïde en Algérie (1983-2000)	69
18	Evolution de l'incidence de la fièvre typhoïde (2000-2012)	70
19	Evolution des l'incidence des dysenteries (200-2012)	70
20	L'évolution des hépatites virales en Algérie (200-2012)	71
21	Evolution de la typhoïde dans la wilaya de Batna (1999-2015)	74
22	Répartition spatiale des cas de la fièvre typhoïde par commune (1999-2015)	74
23	Evolution des cas d'hépatite A dans la wilaya de Batna (200-2012)	76
24	Evolution de la typhoïde dans la ville de Batna (1999-2015)	78
25	Evolution de teneurs en nitrates dans les eaux du forage Elmadher (1970-2013)	94
26	Evolution de la concentration des nitrates dans les eaux du forage Nigrier	95
27	Résultats bactériologiques de l'eau potable distribuée dans la wilaya (2003-2010)	103
28	Le réseau de distribution est un véritable réacteur	104
29	Nombre de cas de typhoïde déclarés dans la ville de Batna	112
30	facteurs de vulnérabilité lies aux (MTH)	115
31	Validité de la méthode	126
32	Nombre de cas de pollution enregistré dans la ville de Batna (2012-2015)	127
33	Volume d'eau mobilisé (m <sup>3</sup> /j) dans la ville de Barika	130
34	Répartition de la fièvre typhoïde par commune (1999-2015)	137
35	Extrait de l'étape d'ntersection entre le réseau d'AEP et assainissement	141

36	Capture écran des cross connexions entre AEP et assainissement	141
37	Stratégies d'agrégation de données	143
38	Agrégation spatiale des cross-connexions	143
39	Capture écran de l'application de kernel density au réseau d'AEP selon la répartition de matériau	144
40	Extrait de l'application de l'outil calculatrice raster	145
41	Capture écran de la carte de vulnérabilité	145
42	Validation de l'approche	148
43	Différentes actions pour assurer la propreté, la sûreté et la fiabilité d'approvisionnement en eau potable	151
44	Protection et surveillance de la qualité des eaux de barrage (Koudiat Medouar)	153
45	SIG outil d'aide à la gestion et à la décision	157

### Liste des Photos

<b>N° de la photo</b>	<b>Titre des Photos</b>	<b>Page</b>
1	Les eaux usées déversés directement dans le milieu naturel	39
2	Barrage de Koudiet Medouar	48
3	Barrage de Koudiet Medouar	48
4	Barrage Beni-Haroun	49
5	Conduite en PEHD	57
6	Perforation par corrosion extérieure	58
7	Conduites en PEHD destinées à la rénovation de réseau (Bouakal )	58
8	Fuite d'eau à Z'mala (2015)	119
9	Cassure de la conduite (Bouakal 2015)	119
10	Fuite d'eau au centre ville (2016)	119
11	Oued Reboa	153
12	Oued Tingad	153

# Annexes

# Annexes

## Annexe 1

### Hydrogéologie des différents bassins versants de la wilaya (synthèse):

Unités physiques	Stratigraphie	cadre morphostructurale	Litho facies	Caractère hydrogéologique
Termination orientale des monts du Hodna Dj. Fourhal, Dj. Guetiane	Tertiaire marin inférieur en contact avec le remplissage plioquaternaire de la plaine entre Ras El Aioun et Merouana		Bancs de calcaire à intercalation parfois de couches marneuses	Perméabilité faible à moyenne a cause de la présence des marnes infiltration latérale très active alimente les nappes alluvionnaires R.E.Aioun- Merouana.
Les Monts formation géologie Bellezma partie très variable a l'occidentale Dj. Lant du jurassique Bou Arif, Ain Elau, créacé moyen Hammam avec du miocène marins (Burdigalien) pour Djebel Bouarif.		anticlinal	Formation à prédominance carbonatique avec les R.S. d'alternation à la surface formation exceptionnelle marno-argileuse pour le Dj. Bouarif.	Perméabilité et potentialités d'emmagasinage assez très bonnes de cette partie émergent les sources les plus abondantes de la Wilaya. Elles sont alimentées latéralement a partir des Monts de Bellezma vu la nature de formation du Djebel Bouarif.
Dj. Metlili Dj. Hmar Dj. Doulel	Burdigalien (miocène inférie.) et le teronien (créacé moyen)	anticlinal	Formations carbonatées surmontées d'une couverture argileuse localisées.	Perméabilité moyenne alimentation latérale à partir des calcaires.
La plaine du Hodna	Remplissage du quaternaire continental récent		Nappe salée présence de formations argilo-marneuses + dépôts alluvionnaires récents.	Perméabilité très faible. S'alimente par les pertes à infiltration souterrains des reliefs bordant le Chott.

## Annexes

Monts de Bellezma Nord-Est et Dj. Bouarif au Nord de la plaine d'EL – Madher.	Crétacé inférieur et turonien  (Crétacé moyen)	anticlinal	Formation calcaire très fracturées	Perméabilité moyenne Potentialités de circulation bonnes. De fortes pertes latérales en direction des alluvions de la plaine de Batna et au Nord vers la plaine d'El Madher.
Les montagnes du Sud de Batna calcaires  Dj. Ich Ali  Dj. Stahi	Cénomaniens (crétacé inférieur) turonien oligocène continental inférieur ou burdigalien	anticlinal	Prédominance de formations calcaires et marneuses	perméabilité moyenne alimentation des plaines de Batna et Ain Touta.

La plaine de Batna, Ain Touta	Quaternaire continental	Synclinal	Dépôts alluvionnaires récents	Perméabilité très faible ou nulle la nappe alimentée directement par les reliefs environnant par infiltrations souterraines.
Plaine de Ain Djasser à El Madher	Couverture du Mio-PLio Quaternaire interrompue par des formations calcaires.	Synclinal	Des terrains alluvionnaires interrompues parfois par des flancs anticlinaux.	Infiltration à partir des structures carbonatées avoisinantes perméabilités très faibles.
Bassin de Timgad	Miocène continental et Burdigalien + Crétacé supérieur moyen inférieur	Synclinal	Prédominance des marnes et argiles a grande épaisseur avec intercalation des calcaires mais très localisé.	Très faiblement perméables a cause de la présence des marnes argileuses avec de rares intercalations de calcaires a moyenne perméabilité mais de potentialité hydrique très faible.
Dj. Mahmel  Oued Taga  Oued Abdi  Oued Bouzina	Crétacé supérieur cénomanien, crétacé moyen miocène inférieur. Continentale éocène marin moyen.	Succession de synclinaux et d'anticlinaux.	Marnes argileuses aux fonds des bassins de formation carbonatées des flancs.	Bassin a noyaux peu perméables et des flancs carbonatés à perméabilité très élevée
Dj. Azreg	Jurassique supérieur + quelques taches du miocène inférieur aux alentours entourés du	Vaste	Calcaire noyau entouré de formation argilo-marneuses.	Bonne perméabilité du noyau et de terrains imperméables marneux-argileux du crétacé moyen.

## Annexes

	crétacé moyen.	Anticlinal		
Dj. Chèlia	Crétacé inférieur marin	Vaste Anticlinal	Terrains calcaires entourés de formations argilo-marneuses du C.M.	Noyau à forte perméabilité toutes les eaux infiltrées se perdent le long de la ligne de contact entre le sol perméables et imperméables.
Région du Djebel Zellatou et Ghassira	Crétacé supérieur moyen oligocène continentale = éocène inférieur et le miocène.	Succession d'anticlinaux et de synclinaux.	Calcaire + Marnes et Argiles.	Noyaux anticlinaux a perméabilité bonne, noyaux synclinaux imperméables -circulation des eaux par infiltration latérale.
Vallée de Oued Labioud	Crétacé supérieur et moyen	Flanc Nord du Synclinal du Dj. Zellatou.	Flancs carbonatés + Noyaux marneux argileux.	Perméabilité très faible + Infiltration latérale à partir de formations carbonatées.
Vallée de Oued Abdi	Oligocène continentale miocène inférieur, crétacé moyen.	Flancs Nord de l'anticlinal du Dj. Azreg	Dépôts récents le long du lit à épaisseur réduite structures environnantes carbonatées.	Absence de nappes phréatiques d'une certaine importance au dessous du lit tandis qu'on peut supposer une alimentation à partir des reliefs environnants

# Annexes

## Annexe 2

### Répartition de la densité de la population par commune dans la wilaya de Batna (2014)

Commune	Superficie Km2	Population	Densité Hab/Km2	Commune	Superficie Km2	Population	Densité Hab/Km2
Batna	116,41	325 178	2 793	Ras el ayoune	115,96	25 563	220
Oued Chaaba	245,67	8 364	34	Gosbat	281,20	18 005	64
Fesdis	85,80	8 977	105	Guigba	63,31	10 570	167
<b>Total daïra</b>	<b>447,88</b>	<b>342 519</b>	<b>765</b>	Rrahbat	55,07	12 170	221
Tazoult	112,52	31 780	282	Telkhempt	176,48	21 624	123
Ouyoun el assafir	160,06	13 659	85	Ouled Sellam	220,46	20 980	95
<b>Total daïra</b>	<b>272,58</b>	<b>45 439</b>	<b>167</b>	<b>Total daïra</b>	<b>912,48</b>	<b>108 912</b>	<b>119</b>
El madher	99,96	20 836	208	T'kout	185,37	11 536	62
Boumia	153,27	937	6	Ghassira	234,53	7 933	34
Djarma	99,66	3 720	37	Kimmel	556,58	5 583	10
Ain yagout	154,05	12 305	80	<b>Total daïra</b>	<b>976,48</b>	<b>25 052</b>	<b>26</b>
<b>Total daïra</b>	<b>506,94</b>	<b>37 798</b>	<b>75</b>	Bouzina	194,47	13 680	70
Arris	151,78	34 692	229	Larbaa	99,04	-	-
Tighanimine	127,24	4 397	35	<b>Total daïra</b>	<b>293,51</b>	<b>13 680</b>	<b>47</b>
<b>Total daïra</b>	<b>279,02</b>	<b>39 089</b>	<b>140</b>	Ichemoul	123,67	10 516	85
Thniet el abed	107,64	12 089	112	Foum toub	108,39	6 146	57
Chir	78,28	5 610	72	Inoughissene	72,77	3 522	48
Oued taga	249,97	19 615	78	<b>Total daïra</b>	<b>304,83</b>	<b>20 184</b>	<b>66</b>
<b>Total daïra</b>	<b>435,89</b>	<b>37 314</b>	<b>86</b>	Menaâ	187,88	14 724	78
Merouana	75,59	41 577	550	Tigharghar	229,87	7 362	32
Oued el ma	196,14	22 998	117	<b>Total daïra</b>	<b>417,75</b>	<b>22 086</b>	<b>53</b>
Hidoussa	149,63	2 417	16	Chemora	262,72	18 608	71
Ksar bellazma	88,51	9 844	111	Boulhilet	160,86	7 618	47
<b>Total daïra</b>	<b>509,87</b>	<b>76 836</b>	<b>151</b>	<b>Total daïra</b>	<b>423,58</b>	<b>26 226</b>	<b>62</b>
Barika	305,43	119 104	390	Ain Djasser	125,78	17 685	141
Bitam	917,54	13 975	15	Elhassi	57,91	8 765	151
M'doukel	252,14	10 483	42	<b>Total daïra</b>	<b>183,69</b>	<b>26 450</b>	<b>144</b>
<b>Total daïra</b>	<b>1 475,11</b>	<b>143 562</b>	<b>97</b>	Djezzar	332,38	25 742	77
Ain Touta	170,99	65 716	384	Ouled ammar	75,14	10 188	136
Beni fedhala	299,18	1 828	6	Azil A.E.K	1 035,00	16 004	15
Maafa	154,26	2 820	18	<b>Total daïra</b>	<b>1 442,52</b>	<b>51 934</b>	<b>36</b>
Ouled aouf	149,22	1 980	13	O.S.Slimane	156,66	13 240	85
<b>Total daïra</b>	<b>773,65</b>	<b>72 344</b>	<b>94</b>	Taxlent	143,25	9 134	64
N'gaous	80,95	32 367	400	Lemcen	67,45	5 494	81
Boumager	111,69	9 236	83	<b>Total daïra</b>	<b>367,36</b>	<b>27 868</b>	<b>76</b>
Sefiane	181,26	16 240	90	Seggana	284,47	6 669	23
<b>Total daïra</b>	<b>373,90</b>	<b>57 843</b>	<b>155</b>	Tilatou	381,00	3 540	9
Seriana	173,39	18 564	107	<b>Total daïra</b>	<b>665,47</b>	<b>10 209</b>	<b>15</b>
Lazrou	160,43	5 532	34	Timgad	222,26	12 472	56
Zana elbaida	213,95	11 513	54	Ouled fadhel	206,22	11 604	56
<b>Total daïra</b>	<b>547,77</b>	<b>35 609</b>	<b>65</b>	<b>Total daïra</b>	<b>428,48</b>	<b>24 076</b>	<b>56</b>
<b>Total wilaya</b>		<b>12 038,76</b>		<b>Total daïra</b>		<b>103</b>	

# Annexes

## Annexe 3

### *Situation de l'Alimentation en eau potable des communes (DRE 2016)*

N°	Communes	Pop Total Hab	besoins en eaux (m3/j)	Dotat réel (l/j/hab)	volume réel (m3/j)	Stockage		Longueur du réseau		Taux de sat(%)
						Nbre	Cap(m3)	Addu (ML)	Distr (ML)	
1	BATNA	333 500	56 695	133	44 462	16	37 800	13 4000	468 000	78%
2	FESDIS	9 468	1 420	364	3 445	6	3 750	39 000	25 550	100%
3	OUED-CHAABA	1 200	180	842	1 010	8	2 450	26 000	71 000	100%
4	BARIKA	123 916	21 066	120	14 867	7	7 050	57 750	246 189	71%
5	BITAM	14 682	2 202	126	1 856	5	1 270	15 979	79 111	84%
6	M'DOUKEL	10 971	1 317	184	2 016	2	1 000	2 830	21 671	100%
7	DJEZZAR	26 940	4 041	113	3 056	6	2 400	22 230	68 970	76%
8	OULED-AMMAR	10 662	1 279	255	2 716	7	800	5 000	62 000	100%
9	AZIL ABD ELKADER	16 553	2 483	139	2 304	7	1 300	17 000	84 000	93%
10	SEGGANA	6 966	1 045	153	1 066	9	1 470	38 281	50 436	100%
11	TILATOU	3 720	446	87	325	9	1 000	11 960	57 589	73%
12	AIN-TOUTA	67 569	10 135	102	6 868	10	5 840	44 573	161 475	68%
13	MAAFA	2 832	340	141	400	7	750	11 345	36 321	100%
14	BENI-FEDHALA	1 936	232	116	225	7	550	6 950	30 402	97%
15	OULED-AOUF	2 064	248	195	403	8	1 050	22 806	44 647	100%
16	ARRIS	35 421	5 313	115	4 059	22	6 770	20 984	61 812	76%
17	TIGHANIMIN	4 477	537	129	576	10	2 400	9 000	53 100	100%
18	ICHEMOUL	10 600	1 272	93	990	11	2 430	15 000	52 000	78%
19	FOUM TOUB	6 182	742	73	451	4	1 050	10 000	33 000	61%
20	INOUGHISSEN	3 534	424	81	288	2	800	15 200	20 291	68%
21	T'KOUT	11 652	1 748	288	3 360	8	3 700	21 000	51 000	100%
22	GHASSIRA	8 124	975	194	1 579	6	3 100	19 000	90 000	100%

# Annexes

## Annexe 3

### *Situation de l'Alimentation en eau potable des communes (DRE 2016)*

N°	Communes	Pop Total Hab	besoins en eaux (m3/j)	Dotat réel (l/j/hab)	volume réel (m3/j)	Stockage		Longueur du réseau		Taux de sat(%)
						Nbre	Cap(m3)	Addu (ML)	Distr (ML)	
23	KIMEL	6 015	902	133	802	4	1 400	2 800	25 200	89%
24	N'GAOUS	33 279	3 993	260	8 640	8	5 800	33 306	151 694	100%
25	BOUMAGUER	9 478	1 137	219	2 074	5	2 150	15 000	57 000	100%
26	SEFIANE	16 864	2 024	175	2 959	2	1 650	11 000	89 500	100%
27	OULED-SI-SLIMAN	13 479	1 617	373	5 025	6	3 300	29 864	94 751	100%
28	TAXLENT	9 299	1 116	107	998	6	1 150	4 003	27 164	89%
29	LEMCEN	5 615	674	237	1 332	5	1 600	6 400	47 989	100%
30	TAZOULT	33 194	4 979	206	6 843	11	6 600	29 670	55 839	100%
31	AYOUN EL ASSAFEUR	14 378	1 725	81	1 164	4	1 400	16 000	26 000	67%
32	TIMGAD	12 673	1 901	191	2 426	7	2 800	13 000	60 000	100%
33	O.FADHEL	11 837	1 420	164	1 936	7	2 800	45 000	88 000	100%
34	MEROUANA	42 496	6 374	186	7 906	12	4 950	98 800	47 115	100%
35	OUED-EL-MA	23 880	2 866	173	4 130	13	3 650	63 000	23 790	100%
36	KSAR BELEZMA	10 102	1 212	79	795	3	350	5 000	16 000	66%
37	HIDOUSSA	2 430	292	493	1 197	8	1 250	7 900	19 500	100%
38	EL MADHER	21 593	3 239	103	2 217	6	3 250	43 000	66 000	68%
39	BOUMIA	963	116	574	553	8	1 470	9 000	18 000	100%
40	AIN YAGOUT	12 777	1 533	276	3 529	18	4 490	21 288	77 979	100%
41	DJERMA	3 810	457	128	487	5	490	5 000	15 000	100%
42	CHEMORA	19 095	2 291	200	3 820	14	5 470	34 000	59 500	100%
43	BOULHILETE	7 756	931	87	674	3	750	13 000	15 000	72%
44	RAS EL AYOUN	26 545	3 982	115	3 041	9	4 450	11 810	74 981	76%
45	GUIGBA	10 676	1 281	100	1 065	7	1 620	7 690	55 280	83%

## Annexes

N°	Communes	Pop Total Hab	besoins en eaux (m3/j)	Dotat réel (l/j/hab)	volume réel (m3/j)	Stockage		Longueur du réseau		Taux de sat(%)
						Nbre	Cap(m3)	Addu (ML)	Distr (ML)	
46	RAHBAT	12 612	1 513	158	1 987	6	1 960	7 000	42 000	100%
47	GOSBAT	18 294	2 195	99	1 809	12	2 970	16 880	56 102	82%
48	OULED-SELLAM	21 402	2 568	159	3 410	16	3 700	17 000	137 000	100%
49	TALKHEMPT	22 146	2 658	77	1 712	9	1 950	6 875	90 000	64%
50	SERIANA	19 618	2 943	147	2 886	9	2 700	20 295	35 945	98%
51	ZANA EL BEIDA	11 815	1 418	111	1 310	12	2 570	12 900	48 200	92%
52	LAZROU	5 655	679	273	1 542	10	1 950	7 474	47 990	100%
53	AIN DJASSER	18 327	2 749	108	1 978	9	2 700	19 338	70 920	72%
54	EL HASSI	9 012	1 081	52	469	6	900	11 605	28 500	43%
55	THENIET EL ABED	12 310	1 847	121	1 489	16	3 350	28 472	88 021	81%
56	CHIR	5 620	674	141	795	10	2 150	16 662	47 309	100%
57	OUED TAGA	20 088	2 411	127	2 547	18	3 970	42 500	92 000	100%
58	MENAA	15 109	1 813	223	3 375	9	2 400	14 424	45 217	100%
59	TIGHARGHAR	7 539	905	155	1 169	18	5 800	19 356	47 000	100%
60	BOUZINA	13 690	1 643	412	5 642	18	5 000	21 000	65 000	100%
61	LARBAA	0	0	0	58	0	0	26 480	3 142	0%
TOTAL WILAYA		1 274 440	165 886	151	192 113	526	195 640	1 379 680	4 024 192	88%

# Annexes

## Annexe 4

### Qualité physico-chimique de l'eau potable de quelques forages (Batna)

Forage		pH	Cond. ( $\mu$ S/cm)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	TH (°F)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	MO (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)
PAF 01	Nbre d'analyse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	V/ Min	7,80	936,00	126,72	35,38	46,18	46,02	<b>11,83</b>	34,72	16,967	0,000
	V/ Max										
	V/ Moy										
PAF 03	Nbre d'analyse	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
	V/ Min	6,87	1127,00	95,29	45,20	47,96	58,09	0,64	82,60	43,547	0,000
	V/ Max	7,50	1290,00	135,47	67,22	<b>57,20</b>	169,05	<b>13,91</b>	132,32	51,565	0,080
	V/ Moy	7,24	1214,67	116,38	57,06	<b>52,52</b>	117,74	<b>5,61</b>	111,79	47,556	0,040
Forage Negrier	Nbre d'analyse	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	V/ Min	7,16	1497,00	175,34	51,93	<b>65,12</b>	264,64	0,00	74,46	18,606	0,000
	V/ Max	7,59	1587,00	194,24	56,61	<b>71,76</b>	285,33	<b>12,48</b>	166,30	<b>50,812</b>	0,250
	V/ Moy	7,43	1527,00	182,45	54,96	<b>68,14</b>	275,36	<b>5,46</b>	115,98	30,582	0,108
Forage Azzeb 03	Nbre d'analyse	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	V/ Min	6,78	999,00	128,68	61,23	<b>58,12</b>	74,38	0,00	125,04	0,000	0,000
	V/ Max	7,50	1194,00	132,98	63,70	<b>58,57</b>	180,73	<b>38,91</b>	156,71	0,044	0,060
	V/ Moy	7,12	1081,33	131,20	62,21	<b>58,34</b>	118,21	<b>13,09</b>	140,73	0,015	0,025
	V/ Moy	7,32	1376,33	137,45	52,37	<b>55,84</b>	181,07	0,70	132,98	22,741	0,004
Forage Gadaine 01	Nbre d'analyse	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	V/ Min	7,27	2390,00	101,80	90,36	<b>67,46</b>	<b>503,45</b>	0,70	124,12	11,607	0,000
	V/ Max	7,51	<b>3100,00</b>	141,72	114,06	<b>74,26</b>	<b>736,30</b>	<b>15,64</b>	217,12	25,162	0,000
	V/ Moy	7,38	2775,00	126,02	98,74	<b>72,08</b>	<b>611,44</b>	<b>6,18</b>	169,95	20,024	0,000
Forage Gadaine 02	Nbre d'analyse	1	1	1	1	1	1	1		1	1
	V/ Min	7,53	<b>2870,00</b>	147,75	104,51	<b>79,87</b>	491,03	<b>8,16</b>	166,73	25,074	0,000
	V/ Max										
	V/ Moy										

## تلوث المياه يندربكارثة صحية ويشير زوبعة في باتنة

لا حديث بين سكان مدينة باتنة هذه الأيام إلا عن الأنباء المتداولة حول تلوث الماء الشروب نتيجة اختلاطه بقنوات الصرف الصحي، وهو ما ينبئ عن وقوع كارثة صحية وشيكة وسط سكان العديد من أحياء مدينة باتنة على غرار حي الصفاة، الذي أبدا، قاطنوه تخوفهم الشديد من الوضع الكارثي الذي آل إليه حيهم.

باتنة

### إصابة أكثر من 20 مواطنا بأعراض التيفوئيد

ارتفعت حصيلة المصابين بأعراض التيفوئيد إلى أكثر من عشرين مواطنا يقطنون بحي شيخي الأسفل بمدينة باتنة، إثر اختلاط مياه الصرف الصحي بمياه الشرب منذ بداية الأسبوع، حيث يخضع هؤلاء المصابون بأعراض الحمى والإسهال إلى الفحوصات الطبية على مستوى مصلحة الأمراض المعدية. وقد عمدت مصالحي المياه إلى وقف تموين الحي بالمياه لتضادي اتساع دائرة المصابين، فيما شرع صباح أمس، ديوان التطهير في أشغال التنقيب في أكثر من موقع ليجث عن نؤرة اختلاط المياه، في حين يتم تموين السكان بآليات بواسطة الصهاريج. وقد عبر لنا عدد من سكان الحي عن مخاوفهم من ارتفاع عدد الإصابات نتيجة استهلاكهم للمياه التي قد تكون ملوثة دون علمهم، خاصة وأن الكثير من العائلات تقوم عادة باستهلاك المياه المغزنة، وهم يجهلون وجود اختلاط بها.

باتنة: ش. زفاعة

### الجزائر العميقة

باتنة

### اختلاط مياه الشرب بالصرف يهدد سكان الحي التطوري

حذر سكان الحي التطوري، بوسط مدينة باتنة، الجهات المعنية من إمكانية حدوث كارثة بيئية، قد تعرض العشرات من العائلات وقاطني هذا الحي إلى الإصابة بداء التيفوئيد وأمراض أخرى. وأرجع هؤلاء السبب في ذلك إلى التخوف الذي بات يسيطر عليهم منذ حدوث اختلاط مياه الشرب بمياه قنوات الصرف، على مستوى إحدى العمارات بالقرب من ممرات صالح ذرار وتأخر مصالح مديرية الري، في معالجة المشكل رغم مرور شهور على الحادثة، حيث بقي التلصص من هذا المشكل يراوح مكانه، بالرغم من عديد الشكاوي والتداعيات المتكررة. وعبر السكان عن استيائهم بسبب العود التي قدمت لهم من طرف بعض المسؤولين ببرنامج مشروع إعادة قنوات الصرف وحل المشكل نهائيا، لكن ذلك بقي مجرد وعد. وهو ما يهدد بانتقال عدوى الإختلاط إلى بقية الحي السكني، ما قد يشعل فتيل الإحتجاج، حسب هؤلاء، لأن التماطل في إصلاح العطب قد يكلف عائلاتهم التعرض لتسممات. وفي هذا الإطار، طالب المواطنون بضرورة الإسراع والتدخل لأنقاذ سكان الحي من الخطر الذي يحيط بهم، خاصة وأن مشكل اختلاط المياه في توسع من يوم لآخر.

س. مهيرة

### بريكة في باتنة

## اختلاط مياه الشرب بمياه الصرف يثير الفزع

لتخليصهم مما هم فيه من أزمة، حسيما وصفوه، كما طالبوا ببرمجة خط رئيسي خاص بقنوات الصرف الصحي. للتذكير، فإن هناك من أرباب العائلات وأسرة من قام في أوقات سابقة بالتوجه لمختبرات في عيادات خاصة من أجل تحليل المياه ومعاينتها، وذلك بعدما لفت انتباههم تغير لون وطعم المياه، وصعوبة استهلاكها لهذه الأسباب التي أدخلت الشكوك بوجود ما يثير التساؤلات حول صمت المصالح الوصية في الخصوص وعدم تدخلها.

ن. مسلاتي

وأوبئة معدية ومنتقلة عن طريق المياه، حيث يلجأ أغلب السكان بالمدينة إلى اقتناء المياه المعدنية ومياه الصهاريج بأسعار أثقلت كاهلهم وزادت من معاناتهم، مطالبين في السياق ذاته بوضع حد لهذا الانتشغال الذي طال، حسبهم، دون تدخل يذكر.

من جانبها تحصلت "الخبر" على شكوى من تقييد بأن هناك اختلاطا في المياه بين شارعي "نويس فرحات" وشارع "طبيب السعيد"، وتحديدًا بالقرب من مسجد "عمار بن ياسر"، مطالبين بضرورة إدراج مشروع في الشأن

لنوع عدة أحياء بمدينة بريكة، في فضيهم وشديد تخوفاتهم إزاء ه الشروب بمياه الصرف الصحي، بد صحتهم وصحة عائلاتهم، امرهم إلى مناقشة الجهات الوصية بإيجاد حل جذري لهذه المعضلة. وعديد الأحياء ببريكة نداهم بالملح للمصالح المعنية، من أجل لي وبرمجة مشروع يخلصهم من لاط، ويحد من انتشار خطره، تعلقة معروفة بتفشي أمراض

# Annexes

## Annexe 6



Laboratoire d'analyses

Ref :...../ Lab/2017

### RESULTATS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX

Date	Designation	Résultats	CL2 (mg/l)
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 39 coliformes totaux /100ml Absence de coliformes fécaux	0,2
24/05/2017	Robinet : Chanef Khoudja Tayeb Cité 20 logts - Barika	NPP+ 23 coliformes totaux /100ml NPP+ 09 coliformes fécaux/100ml	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 75 coliformes totaux /100ml NPP+ 76 coliformes fécaux/100ml	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 23 coliformes totaux /100ml NPP+ 23 coliformes fécaux/100ml	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 09 coliformes totaux /100ml Absence de coliformes fécaux	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 43 coliformes totaux /100ml NPP+ 43 coliformes fécaux/100ml	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 43 coliformes totaux /100ml NPP+ 43 coliformes fécaux/100ml	0,2
24/05/2017	Robinet : Cité 20 logts - Barika	NPP+ 43 coliformes totaux /100ml NPP+ 43 coliformes fécaux/100ml	0,2

**NB: Eau de mauvaise qualité Bactériologique**  
**Prélèvement a refaire pour confirmation**

Batna le :28/05/2017

**La Responsable du Laboratoire**

**Tableau « B » Concours définitifs**

(En milliers de DA)

SECTEURS	MONTANTS OUVERTS	
	C.P.	A.P.
Soutien aux services productifs	6.500	6.500
Infrastructures économiques et administratives	367.000	367.000
<b>TOTAL</b>	<b>373.500</b>	<b>373.500</b>

**Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.**

-----

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;

Vu la loi n° 09-03 du 29 Safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ;

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ;

Vu décret exécutif n° 08-148 du 15 Joumada El Oula 1429 correspondant au 21 mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau ;

Après approbation du Président de la République ;

**Décète :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 112 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine ainsi que les modalités de contrôle de conformité.

Art. 2. — Les paramètres de qualité fixés par le présent décret sont applicables à l'eau de consommation humaine définie à l'article 111 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, à l'exception des eaux minérales naturelles, des eaux de source, des eaux dites "eaux de table" et des eaux thermales.

Art. 3. — Au sens du présent décret, il est entendu par :

— **valeurs limites** : valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes ;

— **valeurs indicatives** : valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.

Art. 4. — Les valeurs limites et les valeurs indicatives des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine sont annexées au présent décret.

Art. 5. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine aux paramètres de qualité est effectuée au moyen d'analyses d'échantillons prélevés au niveau des points suivants :

— au compteur particulier pour les eaux fournies par un réseau public de distribution ;

— au point d'utilisation pour les eaux prélevées dans le domaine public hydraulique naturel en vue de la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou de la préparation, du conditionnement et de la conservation de denrées alimentaires ;

— conformément à la réglementation en vigueur pour les eaux fournies à partir de citernes mobiles.

Art. 6. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine incombe, suivant le cas :

— à l'organisme exploitant tout ou partie du service public d'alimentation en eau potable ;

— au titulaire de l'autorisation ou de la concession d'utilisation des ressources en eau ;

— au titulaire de l'autorisation d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine par citernes mobiles ;

— à toutes les institutions de contrôle habilitées par la législation et la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Lorsqu'il est constaté que l'eau de consommation humaine a cessé d'être conforme aux valeurs limites et aux valeurs indicatives fixées par le présent décret, l'organisme exploitant ou le titulaire d'autorisation ou de concession, concernés au sens de l'article 6 ci-dessus, sont tenus de suspendre la distribution de l'eau.

Aucun rétablissement de la distribution de l'eau ne peut être effectué sans qu'une enquête ne détermine les causes de non-conformité et sans la prise de mesures correctives nécessaires en vue de rétablir la qualité de l'eau.

Art. 8. — L'organisme exploitant du service public d'alimentation en eau potable est tenu d'informer les usagers, par tous moyens appropriés, de toute suspension de la distribution et/ou des mesures correctives décidées au titre de l'article 7 ci-dessus.

Art. 9. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011.

Ahmed OUYAHIA.

## ANNEXE

## PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
Nickel	µg/l	70	
Plomb	µg/l	10	
Sélénium	µg/l	10	
Zinc	mg/l	5	

## ANNEXE (suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1 ,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl <sub>4</sub>	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et PC.T	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
Chlorite	mg/l	0,07	
Trihalométhanes (THM) (Total)			
Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	µg/l	100	

## ANNEXE (suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2 - Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2 - Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4 - Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

## Résumé :

Une défaillance dans le système d'alimentation en eau potable peut engendrer de graves conséquences sur la santé publique. Afin d'assurer à la population une alimentation en eau potable de qualité, une gestion des risques sanitaires est indispensable à différents points du système de distribution d'eau potable. Actuellement dans la wilaya de Batna le problème de la qualité de l'eau potable reste encore le péril microbiologique. L'écllosion de multiples foyers des maladies à transmission hydrique (MTH) est liée à l'infiltration des eaux usées dans le réseau d'AEP (Cross-connexions) du notamment à la vétusté des réseaux et aux branchements illicites liés à une urbanisation rapide et anarchique non maîtrisable. La répartition spatiale des maladies et la recherche des facteurs de vulnérabilité (relation entre environnement et santé) imposent aujourd'hui l'utilisation des méthodes et des moyens performants pour la gestion de l'information géographique. Le SIG, par ses fonctions de stockage, de traitement et d'analyse des données, semble être la meilleure solution pour la bonne gestion des réseaux d'eau potable et leur entretien. Dans cette étude la mise en œuvre de base de données géo-référencées associées à un SIG et l'évaluation de la vulnérabilité par indice numérique nous ont permis la spatialisation de la vulnérabilité du risque au MTH. Les cartes de synthèse constituent des supports d'aide à la décision en matière de planification et d'intervention en identifiant les zones les plus exposées au risque de contamination de l'eau potable dont la nature et l'ampleur préudent à une situation sanitaire et environnementale catastrophique.

**Mots clés :** Batna, Eau potable, Risque, Vulnérabilité, Cross- connexion, SIG

## المخلص

يمكن أن يؤدي الخلل في نظام توزيع مياه الشرب إلى عواقب وخيمة على الصحة العمومية، و لضمان سلامة موارد مياه الشرب على الدوام والحفاظ على صحة الإنسان لا بد من إتباع منهج شامل لتقييم المخاطر وإدارتها، ليغطي جميع المراحل التي تمر بها إمدادات المياه. في ولاية باتنة تشكل تلوث مياه الشرب مازال يهدد السكان بسبب اختلاط مياه الشرب بالمياه القذرة و هذا نظرا لقدم شبكتي توزيع المياه و الصرف الصحي و كذلك الربط الغير الشرعي للفتوات خاصة في الأحياء القديمة و الفوضوية. إن نتائج عدة تحاليل ثبت تلوث هذه المياه ولتحديد المناطق الأكثر تعرضا لخطر تلوث مياه الشرب وتوزيعها يجب استعمال نظم المعلومات الجغرافية لتميزها في تخزين ومعالجة وتحليل المعلومات ورسم الخرائط بطريقة آلية من أجل دراسة المشاكل الحضرية والبيئية وتعد الأفضل للتسيير الجيد لشبكات مياه الشرب وصيانتها. لقد مكنتنا هذه الدراسة النموذجية التي اعتمدنا فيها على تطابق عدة معطيات بتحديد المناطق الهشة والمعرضة لخط التلوث وكذلك تحديد العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى تلويث إمدادات المياه. إن نظم المعلومات الجغرافية أداة فعالة في رسم خرائط الأخطار من خلال تحديد المناطق الأكثر تعرضا لخطر تلوث مياه الشرب. إن استخدام هذا النموذج يمكن توجيه الجهات المختصة و تنسيق التدخلات على الأماكن المعرضة لخطر تلوث المياه ومراقبتها و إيصال المياه الصالحة للشرب في أمان إلى المستهلك وبالتالي تفادي كارثة صحية وبيئية في هذه المناطق.

**الكلمات المفتاحية:** باتنة، مياه الصالحة للشرب، خطر، هشاشة، نظم المعلومات الجغرافية

## Summary:

Failure in the drinking water system can have serious public health consequences. In order to provide the population with a drinking water supply of good quality, health risk management is essential at various points of the drinking water distribution system. Currently in the wilaya of Batna the problem of the quality of drinking water still remains and by far the microbiological hazard. The outbreak of multiple outbreaks of water-borne diseases is linked to the infiltration of wastewater into the drinking water supply network (Cross-connections) due in particular to the dilapidated networks and illegal connections linked to rapid urbanization and uncontrollable anarchy. The spatial distribution of diseases and the search for vulnerability factors (relationship between environment and health) nowadays require the use of methods and efficient means for the management of geographic information. GIS, through its functions of storage, processing and data analysis, seems to be the best solution for the good management of drinking water networks and their maintenance. In this study the implementation of georeferenced database associated with a GIS and the assessment of the vulnerability by numerical index allowed us to spatialize the vulnerability of the risk to the water-borne diseases. Synthetic maps are decision-support tools for planning and response by identifying the areas most at risk of contamination of drinking water, the nature and scale of which precedes a health and environmental situation. environmental disaster.

**Keywords:** Batna, drinking water, risk, vulnerability, cross-connection, GIS