

Liste des figures

Figure 1: différentes étapes de dégradation des déchets azotés	22
Figure 2: Composition des déchets au Maroc (GIZ, 2014).....	36
Figure 3: Répartition de la production des déchets en tonne dans quelques régions du Maroc (Ajemma, 2010).....	36
Figure 4 : carte de situation de la zone d'étude.....	49
Figure 5 : carte géologique de la zone d'étude	50
Figure 6 : carte topographique de la zone d'étude.....	51
Figure 7 : Couvert végétal de la plaine du Tadla	51
Figure 8 : T° moyennes mensuelles interannuelles (1985-2011).....	52
Figure 9 : pluviométrie de Béni Mellal (Arioua, 2013).....	52
Figure 10 : pluviométrie de Sodea	52
Figure 11 : diagramme ombrothermique au niveau de la région de Béni Mellal (Arioua & Oujadi, 2012).....	53
Figure 12 : réseau hydrographique de la zone d'étude (Arioua, 2013)	54
Figure 13 : topographie digitalisé par tranche de surface de la zone d'étude (Arioua, 2013)	55
Figure 14 : courbe hypsométrique topographique (Arioua, 2013).....	56
Figure 15 : coupe hydrogéologique de la zone d'étude (Arioua, 2013).....	57
Figure 16 : réseau piézométrique dans les périmètres de Béni Moussa et Béni Amir (Arioua, 2013)	57
Figure 17 : carte piézométrique de la zone d'étude (Arioua, 2013)	58
Figure 18 : carte des huileries de la zone d'étude (ABHOER, 2005)	61
Figure 19 : rejets liquides des huileries dans la zone d'étude (ABHOER, 2010)	62
Figure 20 : quantités moyennes de matières polluantes rejetées par les sucreries (ABHOER, 2005).....	62
Figure 21 : rejets liquides des laiteries qui se situant dans la zone d'étude (ABHOER, 2005).....	63
Figure 22 : Carte des principaux rejets domestiques de la région d'étude (Arioua, 2013)	63
Figure 23 : rejets domestiques projetés des villes les plus polluées de la zone d'étude (Arioua, 2013).....	67
Figure 24 : Carte des stations d'épuration de la zone d'étude (Arioua, 2013)	67
Figure 25 : pertes d'azote sur les deux périmètres Béni Moussa et Béni Amir (ABHOER, 2005)	69
Figure 26 : carte des décharges publiques de la zone d'étude en 2010	70
Figure 27 : quantités de déchets collectées en T/j et par groupe de centres de la zone d'étude.....	72
Figure 28 : carte de la qualité des eaux de surface dans le Bassin versant d'OER (Arioua, aout 2014)	74
Figure 29 : carte de la qualité des eaux de surface dans la zone d'étude (Arioua, aout 2014)	75
Figure 30 : carte de niveau de la nappe par rapport à la surface dans la plaine du Tadla (Arioua, 2013)	77
Figure 31 : Qualité globale des nappes de Béni Moussa et de Béni Amir (Arioua, 2013).....	78
Figure 32 : Synthèse de qualité au niveau de la nappe de Béni Moussa (Arioua, 2013)	78
Figure 33 : Synthèse de qualité au niveau de la nappe de Béni Amir (Arioua, 2013)	78
Figure 34 : Pourcentage de qualité globale des puits des deux nappes (Arioua, 2013)	79
Figure 35 : principe du Système de Lagunage.....	81
Figure 36 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du Maroc.....	92
Figure 37 : Situation de la zone d'étude par rapport aux autres communes	93
Figure 38 : Plan d'aménagement du centre de Sidi Jaber.....	93
Figure 39 : Voiries du centre Sidi Jaber	94
Figure 40 : carte de distribution des forages alimentant le centre Sidi Jaber	95
Figure 41 : réseau d'assainissement actuel du centre de Sidi Jaber	96
Figure 42 : carte topographique de la zone d'étude.....	100
Figure 43 : géologie de la zone d'étude	101

Figure 44 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région d'étude (Bait & Zaytouni, 2012)	102
Figure 45 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en mm (2000-2013). Station de Sidi Jaber	103
Figure 46 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en mm (2000-2013). Station de Béni Mellal	103
Figure 47 : Evolution des températures moyennes mensuelles mesurées dans la station de Béni Mellal (2000 – 2013)	103
Figure 48 : Evolution des températures moyennes mensuelles mesurées dans la station météo de Sidi Jaber (2000 – 2013)	103
Figure 49 : Evolution de l'Evaporation moyenne mensuelle mesurée à la station météorologique de Sidi Jaber en mm (2009 – 2013)	104
Figure 50 : Evolution de l'Evaporation moyenne mensuelle interannuelle dans la station de Béni Mellal en mm (2009-2013)	104
Figure 51 : Vitesse du vent moyenne mensuelle mesurée dans la station de Béni Mellal en m/s (2010– 2013)	104
Figure 52 : Vitesse du vent moyenne mensuelle mesurée dans la station météo de Sidi Jaber en m/s (2010 – 2013)	104
Figure 53 : Hydrologie du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia	105
Figure 54 : Nappes et aquifères du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia (ABHOER, 2014).....	106
Figure 55 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la zone d'étude (variation de la charge hydraulique H).....	107
Figure 56 : Courbe de variation de la charge hydraulique H de la nappe phréatique de la zone d'étude	107
Figure 57 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la zone d'étude (variation de la profondeur sèche des puits h)	108
Figure 58 : Courbe de la variation de la profondeur sèche h des puits de la nappe phréatique de la zone d'étude	108
Figure 59 : Taux des nitrates dans les eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude	109
Figure 60 : Variation du taux de nitrates dans les eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude.....	109
Figure 61 : Taux de la conductivité électrique de la nappe phréatique de la zone d'étude.....	110
Figure 62 : La conductivité électrique de la nappe phréatique de la zone d'étude.....	110
Figure 63 : Délimitation de la zone d'étude	112
Figure 64 : Délimitation des quartiers du centre Sidi Jaber	113
Figure 65 : Carte de délimitation du quartier PAM.....	114
Figure 66 : Carte de délimitation du NOUVEAU QUARTIER	114
Figure 67 : Carte de délimitation du quartier NAJAH III.....	115
Figure 68 : Carte de délimitation du quartier NAJAH I.....	115
Figure 69 : Carte de délimitation du quartier NAJAH II.....	116
Figure 70 : Carte de délimitation du quartier ADMINISTRATIF.....	116
Figure 71 : Carte de la densité populaire par quartier de la zone d'étude	117
Figure 72 : Réseau d'alimentation en eau potable du centre Sidi Jaber.....	118
Figure 73 : Stations contrôlées le long du drain recevant les eaux usées	119
Figure 74 : Projection de l'évolution du volume d'eaux usées produit par le centre Sidi Jaber.....	122
Figure 75 : Piqure des insectes causés par les eaux usées.....	123
Figure 76 : Irrigation des terrains agricoles par les eaux usées brutes	124
Figure 77 : Carte de situation du site de la future STEP	129
Figure 78 : Principe de prétraitement des eaux usées.....	131
Figure 79 : Processus de l'épuration des EU dans le bassin anaérobie (ARIOUA, 2014)	132
Figure 80 : Processus de l'épuration dans les bassins facultatifs (ARIOUA, 2014)	133
Figure 81 : Coupe transversale schématique des bassins de la STEP	136

Figure 82 : schéma conceptuel descriptif de la STEP en projet	138
Figure 83 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune de Bradia	143
Figure 84 : schéma conceptuel de la STEP proposée pour la commune de Bradia	143
Figure 85 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune d'Oulad Yaich	144
Figure 86 : schéma conceptuel de la STEP proposée pour la commune d'Oulad Yaich	144
Figure 87 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune d'Afourar	145
Figure 88 : schéma conceptuel de la STEP proposée pour la commune d'Afourar (durée de vie : 20 ans et plus)	146
Figure 89 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du Maroc.....	149
Figure 90 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du bassin versant de l'Oum Er-Rbia.....	149
Figure 91 : Situation de la zone d'étude par rapport aux autres communes	150
Figure 92 : carte du centre de Bradia à l'échelle 1/15 000	151
Figure 93 : carte représentant le centre de Bradia à l'échelle 1/12 500	151
Figure 94 : voiries du centre Bradia	156
Figure 95 : rues principales du centre Bradia.....	157
Figure 96 : Circuit du réseau d'assainissement de la commune de Bradia.....	158
Figure 97 : Schéma de situation des forages destinés pour l'AEP de la région (ONEE – branche eau, Béni Mellal)	162
Figure 98 : carte géologique de la zone d'étude (Extrait de la carte géologique de Kasba Tadla au 1/100 000).....	166
Figure 99 : colonne lithostratigraphique synthétique de la région d'étude	167
Figure 100 : nappes et aquifères du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia	168
Figure 101 : Qualité de l'eau de l'oued OER dans le tronçon moyen du	172
Figure 102 : Températures moyennes mensuelles de Béni Mellal (1985-2011)	173
Figure 103 : Températures moyennes mensuelles mesurés en station Sodea (1985-2011).....	173
Figure 104 : Pluviométrie de Béni Mellal	174
Figure 105 : Pluviométrie de Sodea	174
Figure 106 : vitesse moyenne mensuelle du vent dans la région de Béni Mellal (1985-2012)	175
Figure 107 : évolution de l'évaporation moyenne mensuelle interannuelle en mm (1985 - 2012).....	176
Figure 108 : Diagramme Ombrothermique au niveau de la région de Béni Mellal (Arioua & Oujadi, 2011).....	176
Figure 109 : Situation géographique de la zone d'étude par rapport au bassin moyen d'OER (Arioua & al, 2012)	177
Figure 110 : Périmètre et surface de la zone d'étude.....	178
Figure 111 : Densité de population par quartier de la zone d'étude.....	178
Figure 112 : Circuit de collecte proposé à la commune de Bradia centre	179
Figure 113 : Scénario 2 ; on utilise des caissons métalliques.....	180
Figure 114 : Scénario 3 ; on utilise les bacs de 50 kg de capacité.....	181
Figure 115 : Scénario 3 (suite) ; on utilise les bacs de 50 kg de capacité.....	181
Figure 116 : Scénario 4, on utilise les caissons et les bacs	182
Figure 117 : Scénario 5 ; on utilise les caissons, les bacs et les corbeilles	183
Figure 118 : méthodologie pour la délimitation des surfaces libres.....	188
Figure 119 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Bradia (province Fkih Ben Salah).....	189
Figure 120 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Ouled Yâich (province de Béni Mellal)	190
Figure 121 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Afourar (province d'Azilal)	191

Liste des tableaux

Tableau 1 : grille générale de qualité des eaux de surface	29
Tableau 2 : grille simplifiée de l'évaluation de la qualité globale des eaux de surface (SEEE)	31
Tableau 3 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux des barrages (SEEE)	32
Tableau 4 : Grille simplifié pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEEE).	33
Tableau 5: Type de Déchets	34
Tableau 6 : Principales nappes de la zone d'étude (ABHOR : 2005)	56
Tableau 7 : démographie de la zone d'étude (Arioua, 2013).....	59
Tableau 8 : les milieux hydrauliques menacés (ABHOER, 2005).....	61
Tableau 9 : milieux récepteurs des rejets d'eaux usées (Arioua, 2013)	64
Tableau 10 : taux de raccordement du réseau d'assainissement de la zone d'étude (ABHOER, 2005)	65
Tableau 11 : volumes de rejets domestiques dans la zone d'étude (Arioua, 2013)	66
Tableau 12 : stations d'épuration identifiées dans la zone d'étude (Arioua, 2013)	68
Tableau 13 : décharges publiques de la zone d'étude en état 2010 (ABHOER)	71
Tableau 14 : grille simplifiée de la qualité des eaux de surface.....	73
Tableau 15 : grille simplifiée de la qualité des eaux souterraines	76
Tableau 16 : les voiries du centre Sidi Jaber	94
Tableau 17 : Positivisme des terres agricoles	98
Tableau 18 : Les cultures orientées vers la consommation directe ou industries transformistes	98
Tableau 19 : Les cultures destinées à pâturages pour le bétail	98
Tableau 20 : Les données sur un troupeau de groupe de moutons, de chèvres et de volaille	99
Tableau 21 : autres métiers dans le centre Sidi Jaber.....	99
Tableau 22 : état sanitaire de la population du centre Sidi Jaber.....	100
Tableau 23 : Surface et périmètre de la zone d'étude.....	112
Tableau 24 : nombre d'habitat par quartier du centre Sidi Jaber.....	117
Tableau 25 : Les critères physiques des eaux usées du centre Sidi Jaber.....	120
Tableau 26 : Les critères chimiques des eaux usées du centre Sidi Jaber	120
Tableau 27 : Projection de la production des déchets liquides au centre de Sidi Jaber.....	122
Tableau 28 : les trois scénarios de dimensionnements de la STEP.....	135
Tableau 29 : la surface demandée pour la STEP	137
Tableau 30 : projection de la durée de vie de chaque bassin en fonction du Tsj.....	137
Tableau 31 : dimensionnement de la station d'épuration.....	139
Tableau 32 : démographie du centre Bradia.....	152
Tableau 33 : démographie de la zone d'étude recensée (questionnaire)	153
Tableau 34 : services marchands de la commune	154
Tableau 35 : services supérieurs de la commune	154
Tableau 36 : cadres du secteur public de la commune.....	155
Tableau 37 : différents types d'habitats de la commune.....	157
Tableau 38 : différents types d'établissements d'éducation de la commune	159
Tableau 39 : différents types d'équipement culturels, sportifs et loisirs de la commune.....	160
Tableau 40 : Production et rendement agricole par type de culture	160

Tableau 41 : Données techniques du centre bradia	163
Tableau 42 : Données statistiques de production et de distribution de l'eau potable du centre bradia.....	163
Tableau 43 : Infrastructures sanitaires existantes au centre Bradia.....	164
Tableau 44 : Personnels chargés des services de santé au centre du Bradia	164
Tableau 45 : vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (1985 - 2012)	175
Tableau 46 : Evaporation moyenne mensuelle interannuelle en mm (1985 - 2012)	176
Tableau 47 : Réduction du trajet parcouru par le véhicule de transport (scénario 1).....	180
Tableau 48 : Coût du projet du scénario 2	180
Tableau 49 : Nombre de bacs par secteur	181
Tableau 50 : Coût du projet du scénario 3	182
Tableau 51 : Réduction du trajet grâce au scénario 4.....	182
Tableau 52 : Coût estimé pour application du scénario 4.....	183
Tableau 53 : Coût estimé pour application du scénario 5.....	183
Tableau 54 : Critères de choix et leurs rayons de sécurité (Mansour, 2015).....	187

Résumé

Pour bien cerner la problématique environnementale qui détériore la qualité des ressources en eau dans le bassin versant de l'Oum Er-Rbia, on a exploité un SIG pour préciser et délimiter la zone la plus touchée du bassin versant d'OER, par différentes variantes de pollution. L'application d'un SIG sur la zone d'étude située entre Kasba Tadla et Dar Ould Zidouh nous a confirmé la situation critique et dramatique de la qualité des ressources en eau. Ceci a été engendré par le rejet des sources de pollutions dans cette région sans aucun traitement préalable. Parmi les formes de pollution majoritaires et qui provoquent un néfaste impact, on cite les eaux usées domestiques et les ordures ménagères.

De ce fait, presque tous les rejets domestiques du bassin moyen d'Oum Er-Rbia se rejettent sans aucun traitement préalable et rejoignent directement l'Oued Oum Er-Rbia ou indirectement à travers des drains consacrés pour les faire évacuer loin des agglomérations. Donc, pour prouver ça, on a réalisé plusieurs enquêtes et études scientifiques pour inventorier, géo-référencier et par la suite pour évaluer l'impact, des rejets communaux de la région, sur l'environnement: Bradia, Sidi Jaber, Oulad Yâich, Béni Mellal, Afourar et Kasba Tadla.

A titre d'exemple, la commune de Sidi Jaber, faisant partie de la province de Béni Mellal, souffre beaucoup des impacts négatifs de ses eaux usées. Ces dernières se jettent, via un drain à ciel ouvert, dans l'oued Oum Er-Rbia sans aucun simple traitement. Pour résoudre cette problématique, on a fait appel à des outils géomatiques et à des logiciels informatiques associés à des démarches hydro-chimiques et environnementales pour analyser, stocker des données et élaborer des tableaux et des cartes géo-référencées (cartes du plan d'aménagement, du réseau d'AEP et d'assainissement...).

Par la suite, on s'est basé sur ces cartes pour prendre les décisions et les recommandations suivantes :

- le site favorable à la Station d'Épuration (STEP) souhaitée a été localisé dans un terrain dégagé et loin de tout impact négatif à l'environnement;
- le type lagunage de la STEP convenable à la commune a été choisi en concertation avec les responsables et les citoyens de la région et en tenant compte des caractéristiques de cette dernière.
- bien sûr, avant chaque installation d'une STEP, il est recommandé de réaliser une réhabilitation des réseaux d'AEP et d'assainissement.

D'autre part, l'enquête ainsi que l'étude qu'on a réalisées, nous ont permis de résulter que la production des déchets solides au centre de Bradia (province de Fkih ben Salah – Maroc) diffère d'un quartier à l'autre selon le niveau de vie, le nombre d'habitants par habitat et le type de ce dernier. La forte production des déchets se trouve dans les quartiers populaires utilisant comme base de consommation la matière organique (légumes, fruits, ...); c'est le cas des quartiers Al massira 1, 2 et 3 et Alfath. Alors que, la faible production est observée au niveau des quartiers modernes faiblement peuplés (Alkaria Alhansalia, Elwifaq), dont la consommation est basée principalement sur des produits industrialisés. Le rejet des ordures ménagères dépend aussi des jours de la semaine, par exemple au jour du lundi, qui suit le jour du souk et le week-end, on note une charge maximale.

Pour bien gérer la collecte et confronter cette augmentation accélérée de déchets, on a suggéré cinq scénarios de moins à plus efficace. En se basant sur un certain nombre de critères (EIE, coût, santé humaine, sensibilisation...), on a déduit que le scénario 5, dont on a proposé d'utiliser les caissons, les bacs et les corbeilles, représente la meilleure solution malgré qu'il soit coûteux. De ce fait, on a déduit que le taux de collecte des déchets augmente de 80 à 100% et sa fréquence devient courte et que les points noirs, gênants la population, disparaissent quasi-totalement. Tous ces résultats ont été déduits en utilisant des outils géomatiques. Une telle solution ne sera efficace et fructueuse que lorsqu'une campagne de sensibilisation de la population de Bradia précède l'application de cette étude et que les employés dans ce secteur travaillent dans des conditions favorables.

Ces deux études (gestion des déchets liquides et solides), qui étaient bien détaillées dans la commune de Bradia et celle de Sidi Jaber, ont été généralisées aux restes des collectivités de la région et nous ont permis de choisir le bon site, la superficie et le type de station d'épuration et de décharge contrôlée pour chaque commune.

Abstract

To identify well the environmental problem which damages the quality of water resources in the pond overturning of Oum Er-Rbia, we exploited a SIG to specify and bound the zone the most the affected of the pond overturning of OER, by various variants of pollution. The application of a SIG on the zone of study situated between Kasba Tadla and Dar Ould Zidouh confirmed us the critical and dramatic situation of the quality of water resources. This was engendered by the rejection of the sources of pollutions in this region without any preliminary treatment. Among the majority forms of pollution and which cause a fatal impact, we shall quote domestic waste water and household waste.

Therefore, almost all the domestic rejections of the average pond of Oum Er-Rbia fall back without any preliminary treatment and join directly the river Oum Er-Rbia or indirectly through drains dedicated to make them evacuate far from the urban areas. Thus, to prove that, we realized several inquiries and scientific studies to inventory, geo-referency and afterward to estimate the impact on the environment of the municipal rejections of the region: Bradia, Sidi Jaber, Oulad Yâich, Beni Mellal, Afourar and Kasba Tadla.

As an example, the municipality of Sidi Jaber, being a member of the province of Béni Mellal, sulphurates many of the negative impacts of its waste water. The latter throw themselves, via an open-air drain, into the river Oum Er-Rbia without any preliminary treatment. To solve this problem, we called on to tools geomatics and to computing software associated to hydro-chemical and environmental steps to analyze, store data and develop boards and georeferenced maps (maps of the development plan, the network of the purification...).

Afterward, we based ourselves on these maps to make the decisions and the following recommendations: - the site favorable to the Waste Water Treatment Plant (WWTP) was located in a clear ground and far from any negative impact to the environment; - the type lagooning of the WWTP suitable to the municipality was chosen in dialogue with the persons in charge and the citizens of the region and by taking into account characteristics of the latter.

- Well on, before every installation of a WWTP, it is recommended to realize a rehabilitation of the networks of Drinking Water Supply (DWS) and sawage systems.

On the other hand, the inquiry and the studie which we realized, allowed us to result that the production of the solid waste in the center of Bradia (Fkih Ben Salah's province - Morocco) differs from a district in the other

one according to the level of life, the number of inhabitants by environment and the type of this last one. The strong production of waste is in the popular districts using as base of consumption the organic matter (vegetables, fruits) ; it is the case of districts Al massira 1, 2 and 3 and Alfath. While, the weak production is observed at the level of the modern weakly populated districts (Alkaria Alhansalia, Elwifaq), whose consumption is mainly based on industrialized products. The discharge of the domestic garbage also depends on days of the week, for example in monday, which follows in the daytime of the souk and the weekend, we note a maximum load.

To manage well the collection and confront this increase accelerated by waste, we suggested five scenarios less to more effective. By basing itself on a certain number of criteria (EIE, cost, human health, sensitization), we deducted that the scenario 5, boxes, tubs and baskets of which we suggested using, represents the best solution in spite of it is couteux. Therefore, we deducted that the rate of collection of waste increases from 80 to 100 % and its frequency becomes short and what the black, annoying points the population, disappear almost total.

All these results were deducted by using tools geomatics. Such a solution will be effective and fruitful only when an awareness campaign of the population of Bradia precedes the application of this study and when the employees in this sector work in favorable conditions.

ملخص

لتطوير و التحكم في المشكلة البيئية التي تضر بجودة المياه والتي توجد في حوض أم الربيع، إرتأينا أن نستعمل نظاما للمعلومات (SIG) لتحديد المنطقة الأكثر تضررا بمختلف الملوثات. إن تطبيق هذا النظام المعلوماتي مكننا من استخلاص المنطقة الأكثر تلوثا والتي تقع بين قسبة تادلة ودار ولد زيدوح، إذ أن حجم التأثير يعتبر كارثيا ومأساويا على جودة الموارد المائية. وهذا بسبب طرح المياه المستعملة لهذه المنطقة دون أدنى معالجة. هذه الملوثات تتكون في غالب الأحيان من مياه الصرف الصحي ومطرح الأزيال العشوائية.

ولذلك فإن معظم تصريف النفايات تطرح بدانيا ودون أدنى معالجة لتصل مباشرة أو بطريقة غير مباشرة إلى واد أم الربيع. إذا؛ للتأكد من ذلك، أجرينا عدة بحوثات علمية واستفسارات في المنطقة وذلك لترقيم وتحديد منابع التلوث على الخريطة ومن تم تقييم حجم تلوث الجماعات المحلية وبالتالي مدى التأثير على البيئة ثم طرح الحلول البديلة للظاهرة : البرادية، سيدي جابر، أولاد يعيش، بني ملال، أفورار و قسبة تادلة.

وعلى سبيل المثال لالحصر، جماعة سيدي جابر التي تنتمي إلى إقليم بني ملال، تعاني الكثير من الآثار السلبية للمياه المستعملة. وذلك بتصريف مياه الصرف الصحي في مجرى ماني غير مغطاة والذي يؤدي بها مباشرة إلى واد أم الربيع. إذا، لمعالجة هذه الظاهرة، إرتأينا أن نعتمد على وسائل علمية حديثة (جيوماتيكية وهيدروكيماوية) لاستخلاص خزانة بيئية مرقمة وجدولة محصلة للنتائج. وبالتالي هذه الأخيرة مكنتنا من إتخاذ بعض التدابير اللازمة والعاجلة:

- محطة معالجة مياه الصرف الصحي؛ إختارنا لها موقعا ملائما يراعي جل عناصر المحافظة على البيئة،

- نوعية المحطة؛ فقد تم إختيارها بمشاركة مسؤولي الجماعة ومراعاة لخصوصيات المنطقة،

- بالطبع، قبل تنفيذ هذا المشروع، يجب تأهيل شبكة الماء الصالح للشرب وشبكة مياه الصرف الصحي حتى نتمكن من معالجة وتصفية كل الصبيب المنتج من جماعة سيدي جابر.

ومن ناحية أخرى، ان الدراسة الاستقصائية والعلمية التي اجريناها، ساعدتنا على الاستنتاج بأن إنتاج النفايات الصلبة في جماعة البرادية المركز (إقليم الفقيه بن صالح - المغرب) تختلف من حي إلى اخر حسب مستوى المعيشة، عدد السكان وحسب نوعية السكن. حيث تطرح النفايات بكثرة في الأحياء الشعبية التي يستهلك سكانها المواد العضوية (الخضروات والفواكه)؛ كما هو حال احياء المسيرة 1, 2, 3 والفتح. اما ضعف الانتاج للمخلفات المنزلية فيوجد على مستوى الأحياء الحديثة ذات الكثافة السكانية الضئيلة (حي القرية الحنصالية، الوفاق) والتي يركز استهلاكها أساسا على المنتجات الصناعية.

من جهة اخرى كمية النفايات المنزلية تختلف حسب ايام الاسبوع؛ فمثلا : يوم الاثنين الذي يلي يوم السوق الاسبوعي يكون حجم المخلفات كبيرا.

إذا امام هذه المعضلة، ولحسن تدبير جمع النفايات ومواجهة ارتفاع كميتها، اقترحنا خمسة سيناريوهات متفاوتة الفعالية حسب الامكانيات . واعتمدا على عدة عوامل (صحة الانسان، التكلفة، ...)، استنتجنا ان السيناريو الخامس، الذي يتمثل في استعمال الحاويات الكبرى (caissons métalliques) و الصغرى (bacs) ثم السلات (corbeilles)، يمثل انجع الحلول رغم انه جد مكلف. بهذا الحل سنتمكن من الوصول إلى 100% من جمع النفايات وسنقضي على كل النقط السوداء. كل هذه الاستنتاجات حصلنا عليها باستعمالنا لادوات جيوماتيكية حديثة.

هذه الحلول المطروحة لاشكالية النفايات لجماعة البرادية لاتصبح فعالة الا اذا انيطت بدراسة ثانوية يكون هدفها تحسيس الساكنة بهذا الموضوع وانخراطهم الفعلي في عملية جمع المخلفات وكذا توفير الشروط الضرورية للعاملين عليها.

هاتين الدراستين (تدبير النفايات الصلبة والسائلة) التي كانت معمقة في كل من جماعة برادية وسيدي جابر، حاولنا تعميمها على باقي المناطق والتي ساعدتنا على اختيار الموقع المناسب ، المساحة الكافية ونوعية محطة المعالجة والمطرح المقنن لكل جماعة على حدى

INTRODUCTION GÉNÉRALE

ET

PROBLÉMATIQUE

INTRODUCTION GENERALE

&

PROBLEMATIQUE

• Introduction générale

Depuis la nuit du temps, la terre a supporté les changements naturels (dérive des continents, tectoniques des plaques, séismes, tremblement de terre,...etc.). Mais, elle n'a pas pu supporter les perturbations causées par l'Homme (problèmes environnementaux anthropiques) et qui sont grossièrement résumées comme suit: pollution de l'eau, du sol et de l'air.

Les ressources en eau constituent un élément fondamental au maintien et au développement de toute activité socio-économique.

En effet, en plus de son besoin vital, l'eau représente un élément de base de toute planification régionale ou nationale qui se trouve à travers les usages qu'on fait dans tous les domaines.

Ces dernières années, surtout en périodes de sécheresses, les ressources en eaux sont devenues limitées et par la suite une tendance à utiliser, en plus des eaux souterraines, les eaux de surface à des fins diverses (eau potable, eau industrielle, eau d'irrigation, eau d'aquaculture...).

• Problématique

En revanche, l'augmentation qualitative et quantitative des différentes formes de pollution liquide (domestique, industrielle, agricole...), solide et gazeuse est devenue une menace très importante pour ces ressources en eaux. C'est ainsi, on note la dégradation de la qualité de l'eau de plusieurs systèmes aquatiques (cours d'eaux, oueds, nappes phréatiques, lacs...).

Parmi ces systèmes aquatiques, l'oued Oum Er-Rbia connaît en certains tronçons des situations très critiques. De même la qualité de l'eau de la nappe phréatique de la plaine du Tadla est très détériorée.

D'autre part, l'eau, première source vitale et facteur prépondérant dans le développement durable de tous les pays, s'est longtemps considéré comme une ressource inépuisable. Cependant, elle commence, depuis peu de temps, à poser de sérieux problèmes pour certaines régions, notamment les pays à climat aride et semi-aride comme le Maroc. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels (Mc Kinney, 2002). L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la

protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (Mullis et al, 1997), mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, etc.)(Burton et Pitt, 2001).

L'oued Oum Er-Rbia qui draine la quasi-totalité du Maroc centrale-Atlasique, se trouve particulièrement touché par ce problème du fait de la démographie croissante des centres riverains et du développement continu des secteurs industriel et agricole. En effet la superficie du bassin hydraulique de l'Oum Er Rbia représente 7% de la superficie totale du pays, et abrite 65 centres urbains et 254 communes rurales, répartis sur 12 provinces (HCP). C'est l'un des bassins les plus peuplés du Maroc avec près de 5 millions d'habitants (Recensement 2014). Cette population est principalement rurale. Ce qui est expliqué par le taux d'urbanisation dans ce bassin, le plus bas au Maroc, qui est de l'ordre 39% contre 55% au niveau du Maroc (Centre national des statistiques 2004). Les principales zones urbaines et agglomérations siègent sur le parcours de la rivière et y versent toutes les eaux usées de tout genre sans aucun traitement préalable notamment la ville de Tadla, Béni Mellal, Souk Essebt, Dar Ould Zidouh et autres. Un contrôle et une surveillance de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier.

Depuis longtemps le Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement et les Agences du Bassin Hydraulique au Maroc, contrôlent et surveillent l'état de la qualité des ressources en eau. Dans ce cadre, plusieurs études ont été faites pour déterminer l'état de la qualité du bassin versant de l'oued Oum Er-Rbia.

Un diagnostic plus complet et plus détaillé de la situation actuelle de la pollution et un suivi rigoureux de son évolution, s'avèrent d'une grande nécessité pour la sauvegarde de cet écosystème. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail qui consiste à étudier l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de l'oued Oum Er-Rbia au niveau du bassin versant moyen.

- **Motivation scientifique**

Pour répondre aux enjeux de la santé publique, les eaux doivent répondre aux exigences de propreté et de salubrité. Ces eaux doivent respecter les normes et les paramètres de qualité, cette qualité est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques.

Oued Oum Er-Rbia alimente une grande partie des villes du Maroc, parmi celles-ci le Grand Casablanca (métropole et capitale économique du Maroc abritant plus que quatre Millions d'habitants). Ce qui expose leurs eaux aux différents types de pollutions (industrielle, urbaine et/ou agricole) qui ne cessent d'augmenter de jour en jour (ABHOER, 2007).

Les analyses effectuées par les services de la qualité de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia le classe parmi l'un des bassins qui présente un risque élevé de contamination. La qualité est dégradée sous l'effet des rejets agricoles, industriels et domestiques et le faible débit caractéristique en aval du Kasba Tadla.

A partir de là et vue l'importance de la zone d'étude (bassin moyen d'Oum Er-Rbia) dans l'ensemble du grand bassin versant, on va essayer dans cette étude d'entamer les tâches suivantes :

- évaluer l'impact des sources de pollution sur la qualité de la nappe phréatique de la plaine du Tadla et sur celle du son cours d'eau principal (oued Oum Er -Rbia) ;
- suggérer des solutions concrètes pour préserver les ressources en eau de la plaine du Tadla contre les rejets liquides et ceci en conceptualisation des stations d'épuration des eaux usées ;
- proposer, à des collectivités locales, des modèles de collectes des déchets solides, des bons sites pour les décharges contrôlées.

*PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE,
METHODOLOGIE SUIVIE ET OUTILS DE
TRAVAIL*

I- Etude bibliographique

Elle constitue la première étape de chaque travail de recherche. Pour cela, on a consulté des documents en bibliothèque et de même nous avons fait des recherches sur des sites web. Cette technique a révélé une grande importance et a constitué un long processus de collecte d'informations. Ce qui permet de mettre l'œil sur l'ensemble des techniques et des paramètres qui sont relatives au thème de la qualité des eaux de surface.

- **Définitions des mots clés**

- **Définition littéraire du terme qualité**

Le Robert définit la qualité comme : une manière d'être plus ou moins caractéristique (en parlant de choses). Ce qui fait qu'une chose est plus ou moins recommandable, par rapport à l'usage ou au goût humain, qu'une autre de même espèce ; degré plus ou moins élevé d'une échelle de valeurs pratiques (en parlant de matières élaborées, de productions...) (Robert, 1^{ère} éd, 1973).

- **Définition ISO**

La définition de l'ISO 9001:2000 de la qualité est : "Aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences."

- **Définition d'AFNOR**

La définition de la qualité d'AFNOR est : "un produit ou service de qualité est un produit dont les caractéristiques lui permettent de satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs".

Dans ce sens, le concept de qualité implique bien une relativité à des critères, notamment d'usage, ce qui s'appliquera parfaitement à l'eau.

A- Généralités sur la qualité des eaux

Le Centre National Français des Sciences Hydrologiques (CNSH) définit la qualité de l'eau comme étant « l'aptitude de l'eau, déterminée par ses caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou organoleptiques à servir à un usage défini ou à permettre le fonctionnement d'un milieu aquatique donné ».

La qualité de l'eau est déterminée principalement par l'utilisation finale qui en est souhaitée. En conséquence, l'eau destinée à la boisson, et à l'habitat des organismes aquatiques exige des niveaux de pureté plus élevés tandis que pour celle consacrée à la production d'énergie hydraulique et l'agriculture les normes de qualité sont beaucoup moins importantes. C'est la raison pour laquelle la qualité de l'eau est définie largement comme les « caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau nécessaires pour les utilisations qui en sont souhaitées » (UN/ECE, 1995).

1. Histoire de la qualité des eaux

Les normes relatives à la qualité des eaux sont très récentes, ils n'ont apparues que dans le début du XXe siècle. En effet, pendant plusieurs siècles la qualité de l'eau est jugée par son aspect, le goût, et l'odeur. L'importance en premier lieu a été donnée à la santé publique en faveur de la qualité du milieu aquatique.

La notion de la qualité a été établie par les médecins, puis les ingénieurs et les chimistes en Europe et aux Etats Unis au cours de XIXe siècle. Par exemple la création du « conseil supérieur d'hygiène publique » en 1852 en France. Puis les découvertes du Pasteur et Kokh qui ont transformé la notion de potabilité.

Jusqu'à la fin du XIXe siècle, les normes ne concernent que l'eau potable ; elles étaient très qualitatives et les qualités organoleptiques étaient confondues avec celles relatives à la santé publique. Mais avec les techniques d'analyse chimique et bactériologique et la forte accélération des études épidémiologiques, les normes quantitatives se sont multipliées depuis la 2^{ème} guerre mondiale : aujourd'hui le nombre de paramètres atteint 62 en Europe et dépasse 80 aux États-Unis.

Le traitement des eaux usées est beaucoup plus récent, les responsables des services sanitaires ont longtemps été basés sur l'autoépuration des cours d'eau. Par exemple des études américaines avaient conduit à une norme simple : la rivière devrait avoir un débit de six pieds cubiques (33 l) par seconde pour les rejets de 1000 habitants.

Les techniques d'épurations ont apparus après la première guerre mondiale, avec la découverte de la décomposition de la pollution toxique par certaines bactéries, alors que les normes relatives au respect des milieux naturels (la normalisation des rejets des stations d'épurations) n'ont été mises en place qu'après la deuxième guerre mondiale.

2. Paramètres de qualité

La qualité d'une eau est définie par un ensemble de normes et de paramètres qui sont variables suivant les législations et suivant qu'il s'agit d'une eau agricole, industrielle ou destinée à la consommation. Citons les critères de qualité de l'eau potable :

a- Paramètres organoleptiques

Ces paramètres sont jugés aujourd'hui essentiels car c'est le consommateur qui apprécie la qualité de l'eau délivrée, d'où leur appellation paramètres de confort.

- Couleur

Dans l'eau pure, la lumière est fortement absorbée dans la section infrarouge du spectre et très peu absorbée dans la section bleue. C'est le rayonnement bleu qui est réfracté, réfléchi ou réémis et qui donne à l'eau sa couleur caractéristique (Jérôme et al., 1994).

La couleur de l'eau peut être définie comme réelle ou apparente :

- La couleur réelle de l'eau dépend de la fraction dissoute, qui peut comprendre des minéraux naturels comme l'hydroxyde ferrique et des matières organiques dissoutes comme les acides humiques ou fulviques (Hongve et Akesson, 1996).
- La couleur apparente de l'eau est en fonction des matières dissoutes et en suspension, comme les débris organiques végétaux, le phytoplancton et le zooplancton ainsi que les sédiments inorganiques en suspension (Effler et Auer, 1987 ; APHA, 1992 ; Bennett et Drikas, 1993).

- Turbidité

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est causée par la matière en suspension (MES) dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Cependant, une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur les particules en suspension : la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc douteuse.

- Goût

Le goût peut être défini ; « comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche tandis que la saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs » (J. Rodier, 2016).

- Odeur

Le ministère de la santé canadienne définit l'odeur comme une sensation causée par des substances volatiles (en vapeur), qui stimule les organes sensoriels du nez.

Il peut des fois y avoir des confusions entre le goût et l'odorat, dans le cas où une faible odeur donne une saveur à une substance.

Les odeurs désagréables que présente l'eau potable sont d'origine biologique ou industrielle. Certaines odeurs naturelles peuvent être provoquées indirectement par l'homme ; le déversement des eaux usées en milieu aquatique, par exemple, favorise l'activité biologique et, par conséquent, la libération des odeurs.

Les odeurs naturelles d'une part sont : des odeurs terreuses, moisi et aigres, et en odeurs de poisson, d'herbe, d'autre part. Les odeurs d'origine industrielle rappellent les odeurs d'iode, de pétrole, de médicament, de vernis ou de créosote.

b- Paramètres physiques

- Température

C'est le paramètre clé, elle est mesurée in situ, elle joue un rôle très important dans les phénomènes physiques, chimiques, et biologiques au sein des cours d'eau. Par exemple la température élevée réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier les teneurs en oxygène ; Si la température de l'eau varie de 13 °C à 20 °C, la concentration en oxygène chute de 13 %. Or, le rôle de l'oxygène est fondamental pour les organismes vivants et pour l'oxydation des déchets. Les températures basses affectent l'autoépuration des rivières car les réactions d'oxydation sont ralenties. Au contraire, une température plus élevée peut accélérer ces réactions. La modification des températures des cours d'eau influence fortement la distribution des espèces vivantes.

Pour les eaux souterraines le gradient de température géothermale est de 1°C par 33 mètres. Ce qui signifie que les eaux souterraines sont d'autant plus chaudes qu'elles sont profondes.

- Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, la valeur de 7 étant le pH de neutralité.

Il est déterminé principalement par les équilibres calco-carboniques et par les caractéristiques géochimiques de son bassin versant. Dans les régions riches en calcaires, la capacité tampon de l'eau est élevée et le pH proche de 8,3. D'autres facteurs, comme la température et les phénomènes biologiques (photosynthèse et dégradation de la matière organique) influencent le pH. La solubilité du CO₂ diminue lorsque la température augmente, de sorte que le pH s'élève dans le même temps. A l'inverse, la solubilité du CO₂ augmente lorsque la température diminue, ce qui conduit à une baisse du pH. Au cours de la photosynthèse, du CO₂ et du HCO₃⁻ sont extraits de l'eau, si bien que le pH s'accroît.

Les déversements d'eaux usées favorisent l'activité microbienne et la dégradation anaérobie de la matière organique et la libération du CO₂ ce qui induit à une baisse du pH, qui varie aussi suivant l'origine des eaux examinées.

Notons que les eaux souterraines renferment souvent plus de CO₂ que les eaux superficielles et sont de ce fait plus acides.

- **Conductivité électrique**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Elle dépend avant tout de la nature géochimique des roches rencontrées dans les bassins versants des cours d'eau, en particulier des substances rendues solubles par l'altération des roches. Comme le pH, la conductivité électrique varie en fonction des équilibres calco-carboniques. Elle est aussi en fonction des sels libérés dans les eaux par les activités humaines, comme les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les phosphates et de l'utilisation de précipitant dans les stations d'épuration (sodium, chlorures, etc.).

La température de l'eau agit sur la conductivité, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle est aussi influencée par l'activité biologique.

c- Paramètres chimiques

Toutes les eaux continentales contiennent naturellement des ions, en quantité plus ou moins importante. Ces ions se divisent en cations, à charge positive, et en anions qui sont chargés négativement.

- **Calcium et magnésium**

Le calcium Ca²⁺ et le magnésium Mg²⁺ sont présents dans les roches cristallines et les roches sédimentaires. Ils sont très solubles et sont donc largement représentés dans la plupart des eaux.

L'altération des roches cristallines libère du calcium et du magnésium, mais en quantité moindre que certaines roches sédimentaires carbonatées, dont les principales sont la calcite (CaCO₃), la dolomie (CaMgCO₃), la magnésie (MgCO₃), le gypse (CaSO₄), l'apatite (Ca₅(PO₄)₃) ou la fluorine (CaF). Notons également les grès et roches détritiques au ciment carbonaté.

- **Sodium et potassium**

Le cation sodium (Na⁺) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites). La roche Halite (évaporite NaCl) est le sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau. Le sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées. Notons que les argiles peuvent être saturées en ion Na⁺, par le processus d'échange de base.

Le potassium (K^+) est assez abondant sur terre, mais peut être fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaison dans les sols (sur les argiles notamment). Les sources principales de potassium sont les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium), les évaporites (sylvinite KCl) et les argiles.

- Les Chlorures

L'ion Cl^- est présent en petite quantité sur la terre. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites. L'invasion d'eau de mer (où le Cl^- est très présent), ainsi que les phénomènes d'évaporation dans les bassins endoréiques sont également des sources de chlorures possibles. Le rôle des roches cristallines dans la minéralisation en chlorures est faible.

L'apport par les précipitations est d'autant plus important que la distance à la mer est faible. Les apports anthropiques (salage des routes, urine...) sont mineurs dans les zones d'intervention humanitaire.

d- Les éléments nutritifs

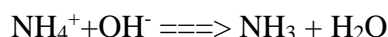
- Les composés azotés

Dans la nature, l'azote est présent sous deux états : à l'état libre (N_2) dans l'atmosphère et à l'état combiné, sous forme minérale (ammoniacale ou l'ion ammonium NH_4^+ , l'ion nitrite NO_2^- ou azote nitreux et l'ion nitrate NO_3^- ou azote nitrique) ou organique. Il existe 3 étapes principalement dans la dégradation des déchets azotés :

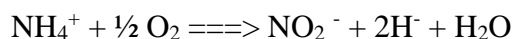
L'ammonisation : C'est la première étape de transformation de l'azote organique (matière vivante, déchets organiques) en azote ammoniacal (ammonium) par les bactéries de type aérobies majoritairement (bacillus, bacterium). Cette étape libère du NH_4^+ et du CO_2 selon l'équation ;



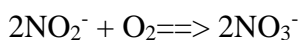
Dans les sols où le pH est élevé, l'ammonium se transforme en ammoniac gazeux suivant la réaction :



La nitrosation : elle consiste en la dégradation de l'ammonium et l'ammoniac en nitrite, elle est réalisée par le groupe de bactéries de type Nitrosomonas.



La nitrification : elle consiste à la dégradation des nitrites en nitrates et réalisée par le groupe de bactéries aérobies Nitrobacter.



Le schéma suivant résume les différentes étapes de la dégradation des déchets azotés.

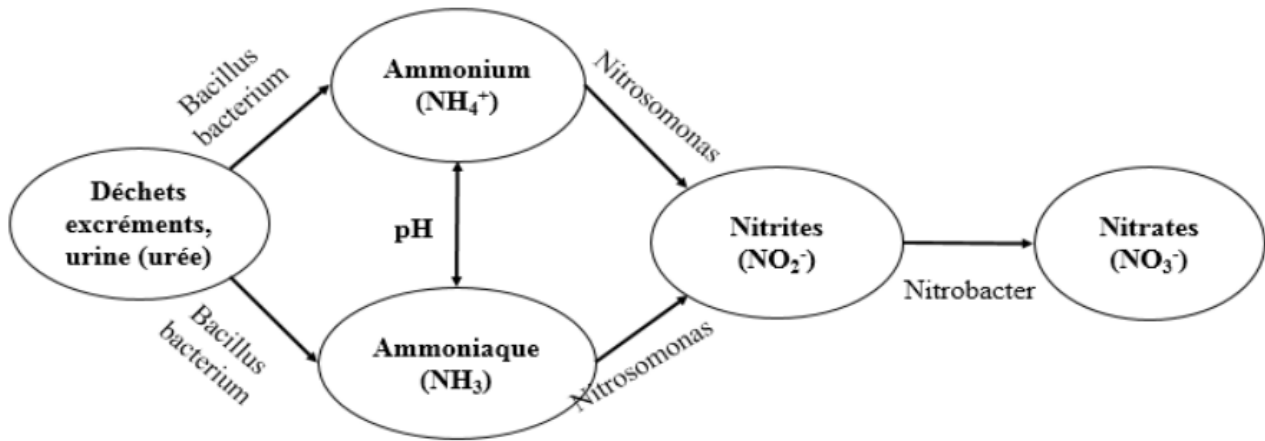


Figure 1: différentes étapes de dégradation des déchets azotés

- **Ammoniaque (NH_4^+) :**

L'ammoniaque est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme, soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée. La présence d'azote ammoniacal en quantité relativement importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine urbaine (égouts, lessivages des dépôts d'ordures), industrielle (industries chimiques, engrais azotés, fabrique de glace, industries textiles...) ou agricole où il est utilisé comme engrais (D.R.A.S.S. d'Ile de France, 2000).

- **Nitrites (NO_2^-) :**

Les nitrites sont des composés intermédiaire, métastable et toxique, de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates, apparaissant lors de la dégradation des substances azotées par oxydation bactérienne des ions ammonium au cours des processus de nitrosation. Le caractère métastable des nitrites explique l'existence de ces derniers à des faibles concentrations dans la nature, puisqu'ils se transforment rapidement en nitrates lorsque les conditions sont favorables. Les teneurs normales dans les eaux non polluées varient entre 0.03 et 3mg/l, avec une tendance générale inférieure à 3 mg/l (Chapman et Kimstach, 1966).

- **Nitrates (NO_3^-) :**

Les nitrates sont des composés naturels présents dans tous les écosystèmes. Ce sont des composés essentiels pour les végétaux, mais peuvent devenir néfastes pour les plantes et les animaux s'ils sont trop abondants. Ils entrent aussi dans la composition des engrais chimiques et naturels (Fumiers).

- **Phosphates**

Les phosphates (PO_4) sont des composants naturels des organismes vivants : ils se composent de phosphore (P) et d'oxygène (O). Les phosphates proviennent de décomposition de la matière organique et du lessivage

des minéraux des roches phosphatées. Comme les nitrates, les phosphates favorisent la prolifération des plantes. Dans les eaux de surfaces non polluées, la teneur moyenne en phosphore ne dépasse pas 0.02 mg/l (Chapman et Kimstach, 1966).

- *Les Sulfates*

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées :

- Les origines naturelles sont l'eau de pluie (évaporation d'eau de mer : $1 < c < 20$ mg/l), et la mise en solution des roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse (CaSO_4), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite).
- Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies) et l'utilisation d'engrais chimique et de lessive.

D'une façon générale, la présence de sulfate dans des eaux naturelles "non polluées" invoque la présence de gypse ou de pyrite.

e- Paramètres de caractérisation de la matière organique

Les matières organiques naturelles sont principalement issues de la décomposition des végétaux, des animaux et des micro-organismes. Les matières organiques, sont des matières oxydables qui nécessitent pour leur décomposition une certaine quantité d'oxygène. Elles vont appauvrir le milieu naturel en oxygène, c'est pourquoi elles sont considérées comme des matières polluantes.

Plusieurs paramètres permettent d'évaluer indirectement la teneur en matière organique car il n'y a pas de méthodes directe ; c'est pour cela on fait appel à des essais (DBO_5 , DCO, COD...)

- *Oxygène Dissous (O_2)*

L'eau absorbe autant d'oxygène nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O_2 diminue lorsque la température et l'altitude augmentent. On mesure la quantité d'oxygène dissous (en mg/l), au moyen d'un oxymètre.

- *Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)*

La DBO_5 est la masse d'oxygène moléculaire (exprimée en mg/l d' O_2) utilisée par les microorganismes pour dégrader en cinq jours à 20°C et à l'obscurité (empêcher la photosynthèse) les matières organiques biodégradables (les glucides, les lipides et les protéines). Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Il est utilisable soit :

- pour quantifier la charge polluante organique de l'eau.

- pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel (toute matière organique biodégradable rejetée va entraîner une consommation d'oxygène au cours des procédés d'auto épuration).
- pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique.

- ***Demande Chimique en Oxygène (DCO)***

La DCO représente quasiment tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau, par exemple les sels minéraux et les composés organiques animales ou végétales. La DCO permet d'apprécier la concentration en matière organiques ou minérale dissoute ou en suspension dans l'eau par l'évaluation de la quantité d'oxygène en mg/l nécessaire à l'oxydation de ces composés. Par la suite elle donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple).

- ***Carbone organique dissous (COD)***

Le carbone organique dissous (COD) permet de suivre l'évolution de la pollution organique des milieux aquatiques. Il provient de la décomposition de débris organiques végétaux et animaux. Il peut également provenir de substances organiques émises par les effluents municipaux et industriels. C'est le COD qui donne une coloration brune ou ambrée à l'eau. Puisque les micro-organismes aquatiques consomment d'importantes quantités d'oxygène pour décomposer les molécules organiques, des concentrations élevées de COD peuvent affecter les réserves d'oxygène des cours d'eau.

f- Paramètres microbiologiques

- ***Coliformes Totaux (CT)***

Le groupe des CT est défini comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives gram-, non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37°C. Elles constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origines fécale et environnementale. Leur présence dans l'eau n'indique pas une contamination fécale ni un risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau.

- ***Coliformes fécaux (CF)***

Les CF aussi appelés (Coliformes thermo-tolérants) constituent un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Sont les indicateurs privilégiés pour détecter la contamination microbiologique dans l'eau. Leur présence n'implique pas nécessairement un risque pour la santé, mais elle constitue un bon indicateur de l'intensité de la pollution d'origine fécale et de la présence de microorganismes pathogènes dans les cours d'eau.

- ***Streptocoques fécaux (SF)***

Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène. Les streptocoques fécaux appartiennent à un groupe de

streptocoques qui ne sont pas tous d'origine fécale. Toutefois, leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale.

- ***Parasites***

Ce sont des organismes du règne animal qui vivent au dépend de leurs hôtes, végétaux ou animaux. La définition courante englobe la plupart des agents infectieux. Parmi les parasites présents dans l'eau, se trouvent les protozoaires, les œufs des Helminthes (Ascaris).

- ***Chlorophylle A***

La chlorophylle A est le principal pigment assimilateur des végétaux supérieurs, elle existe chez tous les végétaux. La chlorophylle A est également fortement réfléchissante dans le proche infrarouge (700 nm).

L'eutrophisation est processus, avec des stades (oligo-trophe à hyper-trophe), qui matérialise le développement excessif des algues dans un cours d'eau ou dans un réservoir (barrage, retenue ou autre).

g- Eléments en traces

Ce sont des substances qui affectent la santé de l'homme et des organismes, par de faibles concentrations dans le milieu aquatique. Leur présence dans le milieu est due principalement aux rejets anthropiques.

- ***Hydrocarbures***

La demande en oxygène des hydrocarbures est très importante et le problème posé par ce type de polluant est lié à sa grande stabilité.

Les hydrocarbures se dissolvent peu et se présentent généralement sous forme d'émulsion ou de surnageant, contribuant ainsi à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère : ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence de freiner une source importante de production d'oxygène au milieu.

- ***Cadmium***

Le Cadmium est principalement un sous-produit de la métallurgie du zinc (l'élaboration de chaque tonne de zinc produit en moyenne 3 kilogrammes de cadmium), ainsi qu'un résidu des activités de métallisation, et de fabrication d'acide phosphorique et d'engrais phosphatés (phosphogypse).

Les seuils correspondant aux effets toxiques observés varient entre 0.01 et 10 mg/l. Pour la Daphnie, on observe une limite de toxicité à 0.1 mg/l. Chez l'Homme, le cadmium est surtout toxique par inhalation.

Le principal danger du cadmium réside dans son effet cumulatif, il peut entraîner, notamment, des lésions des tissus rénaux, ainsi qu'une pathologie osseuse dénommée "maladie d'itaï-itaï".

- ***Mercure***

Le Mercure, en raison de propriétés physiques et chimiques très particulières, est un métal qui est utilisé dans de nombreuses industries (industrie nucléaire, industrie du gallium, industrie pharmaceutique, tanneries,

fabrication d'instruments de mesure, de piles, de tubes fluorescents, d'amalgames dentaires, de la soude, du chlore et de l'eau de Javel par électrolyse...).

Chez l'homme, le mercure diffuse très rapidement à travers la paroi alvéolaire des poumons sous sa forme élémentaire ou sous forme de méthylmercure, mais peut également pénétrer dans l'organisme par voie intestinale, notamment par consommation de produits contaminés (sels mercuriques, dérivés organiques), ou par voie cutanée (organo-mercuriels). Les conséquences d'intoxications au mercure sont très variables selon qu'il s'agisse d'intoxications aiguës ou chroniques : de nombreux organes sont susceptibles d'être gravement affectés et les symptômes concernent le plus souvent le système nerveux, les yeux et les reins.

- **Arsenic**

L'Arsenic est un métalloïde utilisé en métallurgie, dans la fabrication du verre et de la céramique, dans les tanneries, dans la teinturerie et dans l'industrie chimique. Son utilisation principale est la fabrication des pesticides et la protection du bois. Il est également un sous-produit de l'exploitation de certains minerais de métaux (pyrites de fer, minerais sulfureux de cuivre, argent, or, plomb, ...).

Les concentrations létales pour la plupart des poissons sont comprises entre 3 et 8 mg/l pour des durées d'expérience comprises entre 3 et 10 jours. Par ailleurs, on estime que des concentrations de 2 à 4 mg/l n'interfèrent pas sur le pouvoir auto-épurateur des rivières.

L'arsenic est connu pour être particulièrement toxique pour l'homme (l'ingestion de 100 à 150 mg/l est suffisante pour provoquer un empoisonnement grave). En outre, il a un effet cumulatif dans le corps humain et sa vitesse de disparition lente peut conduire à des conséquences graves sur la santé après absorption répétée de doses faibles.

Les manifestations de l'intoxication arsenicale sont très polymorphes ; le tube digestif, le foie, les reins, le cœur, le système nerveux et la peau sont le plus souvent touchés.

- **Plomb**

Le Plomb se distingue par une série de propriétés originales qui déterminent des emplois spécifiques, à savoir, en particulier, une inertie chimique face aux acides, une forte densité, un faible point de fusion, et une ductilité élevée.

Les micro-organismes responsables des phénomènes de dégradation des matières organiques sont sensibles au plomb dès 0.1 mg/l.

Chez l'homme, les deux grandes voies d'assimilation du plomb sont les voies digestive et pulmonaire. La manifestation du saturnisme est conditionnée par la longue rétention du plomb dans l'organisme, ce qui en fait un poison typiquement cumulatif.

- **Cuivre**

Le Cuivre est utilisé dans le domaine de la métallurgie, dans l'industrie électrique, le textile, les tanneries, l'industrie photographique, le traitement de surfaces, la fabrication des insecticides, etc.

En présence d'une eau dure (Ca^{2+} , Mg^{2+}), une grande partie du cuivre sera précipitée sous forme de composés insolubles et, en particulier, de carbonate (on estime que des concentrations comprises entre 0.1 et 1 mg/l en eau dure sont sans danger pour la plupart des poissons, tandis que ces mêmes concentrations ont pour conséquence des effets toxiques sur de nombreuses espèces en eau peu calcaire).

Le cuivre n'a pas d'effet cumulatif chez l'homme et les intoxications sont exceptionnelles.

- **Zinc :**

Le Zinc sous forme de métal est utilisé dans des domaines industriels aussi divers que la galvanisation, la fabrication d'alliages (notamment les laitons), les déplacements de métaux précieux, l'imprimerie, la teinturerie, etc. Sous forme de sels, il intervient dans la fabrication de pigments en peinture, de caoutchouc, de piles, d'insecticides, dans l'industrie du traitement de surfaces et l'industrie pharmaceutique, ...

Vis-à-vis des poissons et des autres organismes aquatiques, le zinc présente une toxicité variable selon la dureté de l'eau. Ainsi, pour une espèce donnée, la concentration létale est de 0.3 mg/l dans une eau contenant 1 mg/l de calcium alors qu'elle est supérieure à 2 mg/l sur 96 heures pour la même espèce dans une eau contenant 50 mg/l de calcium.

- **Chrome :**

Le Chrome provient habituellement du rejet des eaux usées industrielles. A l'état pur, il est assez peu employé dans l'industrie, mise à part la fabrication des aciers spéciaux. Ses dérivés sont en revanche très employés.

Les sels de chrome (VI) sont utilisés dans le traitement des métaux (galvanoplastie et anodisation de l'aluminium), papeterie, peinture, teinturerie, en industrie de la céramique et des explosifs. Les sels de chrome (III) sont essentiellement employés en teinturerie, en tannerie, en industrie du verre et de la céramique, ainsi que dans le domaine de la photographie.

Historiquement, le chrome sous sa forme hexavalente a été considéré comme très toxique et les législations ont généralement imposé des valeurs limites de rejet sévères. Le chrome (VI) est très mobile dans les organismes vivants, où il peut inhiber la chaîne des réactions de la respiration, ou encore jouer le rôle d'agent mutagène en modifiant la structure des bases d'ADN.

Comparativement à la forme hexavalente, il est admis que la forme trivalente est sans danger significatif pour l'alimentation en eau potable, la faune et la flore aquatique.

- **Aluminium (Al^{3+}) :**

L'aluminium représente à peu près 7,40% en poids de l'écorce terrestre. C'est un métal de transition, sa présence dans le milieu aquatique est fortement influencée par le pH (Plumlee G.S, 1993). On le trouve généralement sous forme de silicate ou de mélange de silicates métalliques. La région des mines de bauxite finit par se transformer en zone aride, avec disparition quasi totale des espèces animales et végétales qui y existaient auparavant.

3. Système de classification des eaux adoptées

Après avoir déterminé les éléments qui caractérisent la qualité des eaux, il est nécessaire de savoir les seuils acceptables de chaque paramètre. Pour cela, il faut adopter le système de classification de la qualité des eaux de surface au Maroc aux normes internationales (Arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement définissant la grille de qualité des eaux de surface). Il a été élaboré en s'inspirant des systèmes de classification existants à l'échelle internationale et en tenant compte des spécificités nationales (régime des cours d'eau, conditions climatiques...).

a- Grille générale

La grille générale nationale de la qualité des eaux de surface fixe cinq classes de qualité selon les usages auxquels sont destinées (Article 1 de l'arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement définissant la grille de qualité des eaux de surface) (tableau 1).

Tableau 1 : grille générale de qualité des eaux de surface

		CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5	
Paramètres	Unités	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise	
Organoleptiques							
1	Couleur (échelle Pt)	mg Pt/L	<20	20-50	50-100	100-200	>200
2	Odeur (dilué à 25° C)		<3	3-10	10-20	>20	-
Physico-chimiques							
3	Température	°C	<20	20-25	25-30	30-35	>35
4	pH		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,2	<6,5ou>9,2	<6,5ou>9,2
5	Conductivité à 20° C	µs/cm	<750	750-1300	1300-2700	2700-3000	>3000
6	Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	<200	200-300	300-750	750-1000	>1000
7	Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	<100	100-200	200-250	250-400	>400
8	MES	mg/l	<50	50-200	200-1000	1000-2000	>2000
9	O ₂ dissous	mg/l	>7	7-5	5-3	3-1	<1
10	DBO ₅	mg/l	<3	3-5	5-10	10-25	>25
11	DCO	mg/l	<30	30-35	35-40	40-80	>80
12	Oxydabilité KMnO ₄	mg/l	≤2	2-5	5-10	>10	-
Substances Indésirables							
13	Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	≤10	10-25	25-50	>50	-
14	NTK	mgN/l	≤1	1-2	2-3	>3	-
15	Ammonium	mgNH ₄ /l	≤0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
16	Baryum	mg/l	≤0,1	0,1-0,7	0,7-1	>1	-
17	Phosphates (PO ₄ ⁻)	mg/l	≤0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-5	>5
18	P total (Pt.)	mg/l	≤0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-3	>3
19	Fe total (Fe)	mg/l	≤0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
20	Cuivre (Cu)	mg/l	≤0,02	0,02-0,05	0,05-1	>1	-
21	Zinc (Zn)	mg/l	<0,5	0,5-1	1-5	>5	-
22	Manganèse (Mn)	mg/l	≤0,1	0,1-0,5	0,5-1	>1	-
23	Fluorure (F ⁻)	mg/l	≤0,7	0,7-1	1-1,7	>1,7	-
24	Hydrocarbures	mg/l	≤0,05	0,05-0,2	0,2-1	>1	-
25	Phénols	mg/l	≤0,001	0,001-0,005	0,005-0,01	>0,01	-
26	Détergents anioniques	mg/l	≤0,2	≤0,2	0,2-0,5	0,5-5	>5
Substances Toxiques							
27	Arsenic (As)	µg/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
28	Cadmium (Cd)	µg/l	≤3	≤3	3-5	>5	-
29	Cyanures (CN ⁻)	µg/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
30	Chrome total (Cr)	µg/l	≤50	≤50	≤50	>50	-
31	Plomb (Pb)	µg/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
32	Mercure (Hg)	µg/l	≤1	≤1	<1	>1	-
33	Nickel (Ni)	µg/l	≤20	≤20	20-50	>50	-
34	Selenium (Se)	µg/l	≤10	≤10	≤10	>10	-
35	Pesticides par subst.	µg/l	≤0,1	≤0,1	≤0,1	>0,1	-
36	Pesticides totaux	µg/l	≤0,5	≤0,5	≤0,5	>0,5	-
37	H.P.A. totaux	µg/l	≤0,2	≤0,2	≤0,2	>0,2	-
Bactériologiques							
38	Coliformes fécaux	/100ml	≤20	20-2000	2000-20.000	>20.000	-
39	Coliformes totaux	/100ml	≤50	50-5000	5000-50.000	>50.000	-
40	Streptocoque. Fécaux	/100ml	≤20	20-1000	1000-10.000	>10.000	-
Biologique							
41	Chlorophylle a	µg/l	<2,5	2,5-10	10-30	30-110	>110

- Classe 1 " Qualité excellente "

Eaux considérées comme exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants.

- Classe 2 " Qualité bonne "

Eaux de qualité pouvant satisfaire tous les usages, notamment la production de l'eau potable, après un traitement normal.

- Classe 3 " Qualité moyenne "

Eaux de qualité suffisante pour l'irrigation, les usages industriels, la vie piscicole et la production d'eau potable après un traitement poussé.

- Classe 4 " Qualité mauvaise "

Eaux aptes à l'irrigation et au refroidissement. La vie piscicole y est aléatoire et la production d'eau potable est éventuelle.

- Classe 5 " Qualité très mauvaise "

Eaux dépassant la valeur maximale fixée dans la classe 4 pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptées à la plupart des usages. Chaque classe de qualité est définie par un ensemble de valeurs seuils que les différents paramètres physico-chimiques ou biologiques ne doivent pas dépasser.

b- La grille simplifiée

L'Arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement définissant la grille de qualité des eaux de surface permet d'utiliser la grille simplifiée de qualité des eaux de surface, pour les endroits qui ne subissent pas l'influence de sources de pollutions .

Les couleurs utilisées pour illustrer la qualité de l'eau de surface sont (Article 8 de l'arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement définissant la grille de qualité des eaux de surface):

- le bleu pour une eau d'excellente qualité ;
- le vert pour une eau de bonne qualité ;
- l'orange pour une eau de qualité moyenne ;
- le violet pour une eau de mauvaise qualité ;
- le rouge pour une eau de très mauvaise qualité.

c- Limites des paramètres de la qualité des eaux de surface

A partir de la grille générale de la qualité des eaux de surface, une grille simplifiée a été élaborée pour apprécier globalement et d'une manière rapide la qualité de l'eau. Les paramètres retenus sont ceux relatifs aux indicateurs d'une pollution organique, azotée, phosphorée et bactérienne à savoir (Tableau 2) :

L'oxygénation de l'eau (O₂) : la teneur en oxygène dissous est un bon indicateur de l'équilibre écologique d'un milieu aquatique.

- DBO₅ et DCO : renseignant sur la pollution par les matières oxydables (organique ou autre).
- NH₄⁺ et Pt : qui sont les principaux facteurs conditionnant l'eutrophisation des eaux.
- Les coliformes fécaux (CF) : comme indicateur d'une contamination fécale.

Tableau 2 : grille simplifiée de l'évaluation de la qualité globale des eaux de surface (SEEE)

Paramètres Qualité	O ₂ dissous (mgO ₂ /l)	DBO ₅ (mgO ₂ /l)	DCO (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Pt (mg/l)	CF (UFC/100ml)
Excellente	>7	<3	<20	<0,1	<0,1	<20
Bonne	7-5	3-5	20-25	0,1-0,5	0,1-0,3	20-2000
Moyenne	5-3	5-10	25-40	0,5-2	0,3-0,5	2000-20000
Mauvaise	3-1	10-25	40-80	2-8	0,5-3	>20000
Très mauvaise	<1	>25	>80	>8	>3	*

d- Limites des paramètres de la qualité des eaux des barrages

Lorsqu'il s'agit des retenues de barrages ou de lacs, les paramètres sélectionnés pour l'évaluation de la qualité globale de l'eau sont : O₂, Pt, NO₃⁻, et la chlorophylle " a " (Tableau 3).

On note que les eaux stagnantes connaissent une prolifération algale ce qui agit sur leurs concentrations en chlorophylle " a ". Selon cette concentration on trouve des :

- Milieux oligotrophes = pauvre en nutriments chlorophylle a = 1 - 3 (µg/l)

- Milieux mésotrophes = moyennement riche en nutriments chlorophylle a = 3 - 8 ($\mu\text{g/l}$)
- Milieux eutrophes = riche en nutriments chlorophylle a = 8 - 25 ($\mu\text{g/l}$)
- Milieux hypertrophes = trop riche en nutriments chlorophylle a = > 25 ($\mu\text{g/l}$)

Tableau 3 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux des barrages (SEEE)

Paramètres \ Qualité	O ₂ dissous (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PT (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Chl ($\mu\text{g/l}$)
Excellente	>7	<10	<0,1	<0,2	<2,5
Bonne	7-5	20-25	0,1-0,3	0,2-0,5	2,5-10
Moyenne	5-3	25-50	0,3-0,5	0,5-1	10-30
Mauvaise	3-1	>50	0,5-3	1-5	30-110
Très mauvaise	<1	-	>3	>5	>110

e- Limites des paramètres de la qualité des eaux souterraines

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines est faite sur la base de cinq paramètres indicateurs de pollution physico-chimique, organique, azotée et bactérienne (Tableau 4), ces paramètres sont :

- La conductivité et les ions chlorures qui nous renseignent sur la qualité minéralogique des eaux,
- Les nitrates (NO₃⁻), principal indicateur d'une pollution d'eau souterraine,
- Lion ammonium (NH₄⁺) : forme réduite de l'azote,
- Matières oxydables (MO) : DBO₅, DCO et CO₂ ;
- Les coliformes fécaux (CF).

Tableau 4 : Grille simplifié pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEEE).

Paramètres Qualité	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	MO (mg/l)	CF (UFC/100m)
Excellente	<400	<200	<5	≤0,1	<3	≤20
Bonne	400-1300	200-300	5-25	0,1-0,5	3-5	20-2000
Moyenne	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	5-8	2000-20000
Mauvaise	2700-3000	750-1000	50-100	2-8	>8	>20000
Très mauvaise	>3000	>1000	>100	>8	*	*

B- Généralités sur le secteur des déchets au Maroc

1. Introduction

Parmi les défis majeurs du Maroc au niveau environnemental, c'est la mise en place d'un système de gestion efficace des déchets solides qui connaissent une augmentation continue et répond aux activités socio-économiques dans notre pays. Cette augmentation est due à plusieurs facteurs liés à la diversité des origines des déchets à savoir : les déchets ménagers, de l'industrie, des commerces, des activités de soins, du bâtiment, des services du nettoyage, des espaces verts, etc...

2. Analyse de l'évolution de la production des déchets au Maroc

2.1. Définition et type de déchets

2.1.1. Définition

Selon l'article 3 de la loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination :

- o **Les déchets**: Tous résidus d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ou l'obligation de s'en défaire dans le but de ne pas nuire à la collectivité et de protéger l'environnement.
- o **La gestion des déchets** :Toutes opérations relatives à la production, au stockage, à la pré-collecte, à la collecte, au tri, au transport, à la décharge, au traitement, à la valorisation et à l'élimination des déchets y compris le contrôle de ces opérations ainsi que la surveillance des sites de décharges et les unités de traitement pendant la période de leur exploitation et après leur fermeture .

2.1.2. type de déchets

Selon l'article 3 de la loi 28-00, les types des déchets sont :

Tableau 5: Type de Déchets

Type	Définition
Déchets assimilés aux déchets ménagers	Tous déchets qui par leur nature, leur composition, leurs caractéristiques, sont similaires aux déchets ménagers provenant des activités économiques, commerciales, artisanales ou des établissements collectifs.
Déchets ménagers	Tous les déchets issus des activités des ménages ainsi que les déchets analogues provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales ou autres.
Déchets industriels	Tous déchets non ménagers résultats d'une activité industrielle, minière, artisanale ou similaire.
Déchets médicaux	Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif dans le domaine de la médecine humaine ou vétérinaire, des hôpitaux publics, des cliniques et des cabinets privés, de la recherche scientifique ou de laboratoire d'analyses opérant dans ces domaines.
Déchets agricoles	Tous déchets organiques générés directement par des activités agricoles, agro-industrielles ou par élevage.

Déchets dangereux	Tous déchets qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la collectivité ou à l'environnement et dont la liste est fixée par voie réglementaire.
Déchets inertes	Tous déchets provenant de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation et qui ne sont pas constitués ou contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances.
Déchets biodégradables	Tous déchets pouvant subir une décomposition biologique naturelle anaérobie ou aérobie comme les déchets alimentaires, les déchets de jardins ainsi que le papier et le carton.

2.2. Évolution de la production des déchets au Maroc

Les activités socio-économiques ajoutées à l'accroissement démographique et aux changements du mode de consommation ont été les principales sources d'une génération et de l'augmentation importantes des Déchets Solides Municipaux (DSM).

La production des déchets solides ménagers s'élève actuellement à près de 18 000 tonnes/jour. En chiffres ronds, on peut considérer une production annuelle d'environ 6 millions de tonnes soit en moyenne 0,75 kg/hab/jour. Des variations sont constatées d'une région à l'autre, d'une ville à l'autre et d'un quartier à l'autre en fonction du niveau socio-économique, de la saison et du taux de collecte. Globalement, on enregistre un ratio moyen de 0,3 kg/hab/jour en milieu rural et de 0,76kg/hab/jour en milieu urbain et périurbain (GIZ, 2014). Le taux moyen de la collecte des DSM est estimé à environ 70% en milieu urbain (Saoudi & Chrifi, 2007). Concernant la gestion et la collecte en milieu rural, elle reste faible et non organisée, ce qui donne naissance aux décharges sauvages sans aucun traitement au préalable et sans aménagement ni étude des sites réceptacles. Au Maroc, on parle de plus de 250 décharges sauvages contre 15 décharges contrôlées et 5 en construction (Mansour, 2015).

2.3. Composition des déchets au Maroc

La composition et la nature des déchets ménagers au Maroc restent différentes de celles des pays industrialisés. La différence concerne plusieurs paramètres et tout particulièrement la teneur en eau et la proportion de matières organiques fermentescibles (Figure 2).

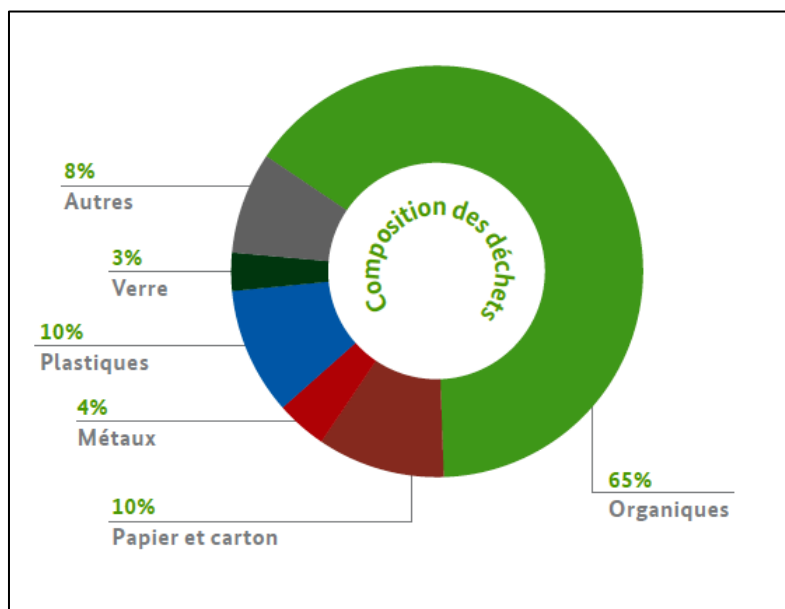


Figure 2: Composition des déchets au Maroc (GIZ, 2014)

2.4. Répartition de la production des déchets au Maroc

La répartition de la production des déchets dans quelques régions du Maroc montre que Les grandes agglomérations urbaines connaissent une production importante de déchets (Ajemma, 2010). Par exemples Grand Casablanca présente la région la plus productive à cause principalement du nombre d'habitants et de l'importance des activités socio-économiques (figure 3)

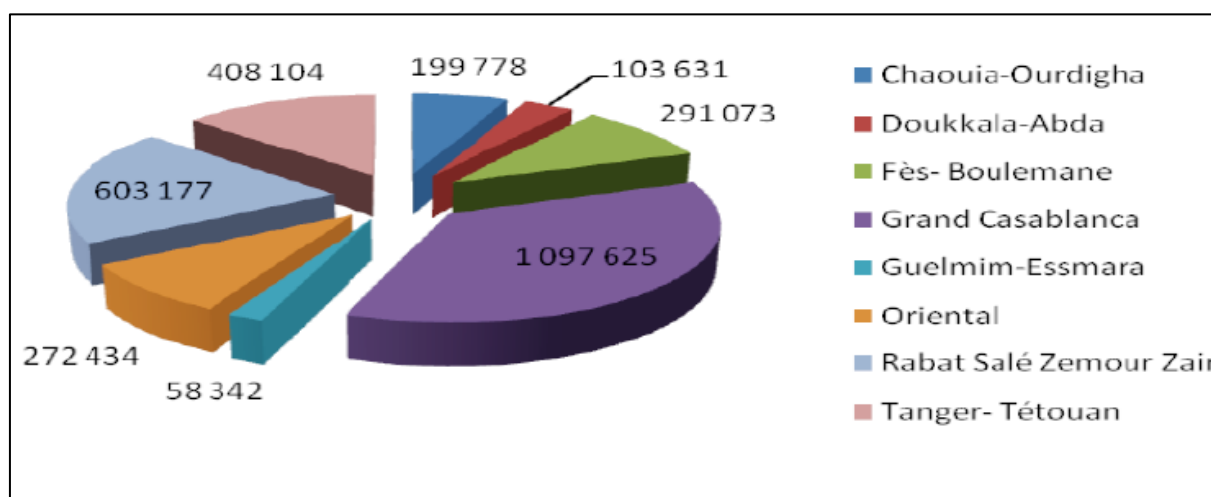


Figure 3: Répartition de la production des déchets en tonne dans quelques régions du Maroc (Ajemma, 2010)

2.5. Impact des déchets sur l'environnement

Aujourd'hui, la gestion des déchets ménagers est une problématique environnementale majeure de toutes les collectivités territoriales du Maroc. Cette problématique est due à plusieurs facteurs: les quantités importantes de déchets produites, l'insuffisance financière, les lacunes d'ordres organisationnel, institutionnel et de gestion, le déficit en matière de personnel qualifié, les infrastructures insuffisantes et le faible niveau d'éducation environnementale.

Alors l'ensemble de ces facteurs crée une pression importante sur l'environnement qui se traduit par des impacts négatifs sur l'air, le sol, les ressources naturelles et par conséquence sur la santé et l'hygiène publique. Ils constituent également un danger pour la biodiversité et les écosystèmes.

Selon le rapport de la Banque Mondiale publié en 2003, le coût annuel des dommages générés par les déchets, tout type confondu, s'élève à 1,7 milliards de Dirhams soit près de 0,5% de PIB en l'an 2000. Pour le cas des déchets municipaux, ce coût est de 1,487 milliards de Dirhams soit 0,4% du PIB (Mansour, 2015).

3. Chaînes verticale et horizontale des déchets

3.1. La collecte

3.1.1. Objectif de la collecte

La collecte est parmi les étapes les plus importantes dans la gestion des déchets solides. L'amélioration de cette phase entraîne l'amélioration des conditions d'hygiène et de santé publique de la population de la ville et la satisfaction des besoins du client.

L'objectif consiste principalement d'améliorer la situation environnementale de la ville et réduire toute forme de pollution, d'augmenter les atouts pour le développement d'activités économiques telles que le tourisme et d'être en adéquation avec les ressources disponibles.

3.1.2. Systèmes de collecte

Le Maroc pratique actuellement deux grands systèmes de collecte qui sont la collecte porte à porte et la collecte à conteneur de transport.

Collecte porte à porte : compte tenu de l'absence de moyens affectés à la gestion des déchets, la plupart des communes qui gèrent directement les déchets n'ont pas de conteneurs. Par conséquent, la collecte est faite par la méthode dite de porte à porte, c'est-à-dire que les déchets sont pris dans des moyens personnalisés (seaux, bassines, etc.) ou dans des plastiques d'emballage. Le ramassage est fait devant les domiciles ou dans les grandes artères.

Cette méthode, peu coûteuse en moyens matériels, nécessite plus de main d'œuvre et conduit à un rendement peu satisfaisant.

Collecte à conteneur de transport : elle est mise en place au niveau des quartiers à accès difficile dans le cas où la voirie est inexistante ou en mauvaise état, dans les zones où la densité de la population est très forte et dans les quartiers clandestins ou les médinas.

Collecte à conteneurs à bacs roulants : il permet l'amélioration de la propreté. Le nombre de conteneurs de collecte dépend de leur volume et des spécificités urbanistiques de chaque agglomération.

3.1.3. Stockage de déchets : Les décharges publiques

✓ Définitions

La décharge publique, est le moyen le plus ancien d'évacuation des déchets urbains, notamment les ordures ménagères, constitue l'élément physique le plus apparent dans le circuit de la gestion des déchets (GTZ, 2002).

✓ Mise en décharge

Elle consiste en une accumulation de déchets dans un terrain généralement vague. Elle peut être de deux types : Décharges contrôlées et décharges sauvages.

✚ Mise en décharge sauvage

Au Maroc il existe plus de 250 décharges sauvages qui constituent la source la plus importante de la pollution des ressources en eau et de la nuisance à la santé publique. Ce sont des décharges qui ne répondent pas aux normes d'hygiène et de la protection des sites. La décharge sauvage présente plusieurs inconvénients. Elle provoque la pollution des ressources en eau souterraines, les déchets risquent de contaminer les nappes d'eau souterraines et/ou les eaux superficielles lorsqu'ils sont déposés sur des sites non aménagés. Elle est responsable de la contamination du milieu marin et du littoral par le déversement direct des déchets. Elle est derrière l'émanation de gaz toxiques, d'odeurs nauséabondes et de germes qui prolifèrent dans les poussières d'ordures. Elle entraîne la prolifération des rongeurs et des insectes, agents directs ou indirects de propagation de graves maladies (peste, fièvre,) et vecteurs passifs de germes et de virus. Elle cause aussi la dégradation du paysage, avec perte de l'esthétique des sites avoisinants, et la dispersion des déchets sur de très grandes surfaces dont le nettoyage devient coûteux (Mansour, 2015).

✚ Mise en décharge contrôlée

Le choix du site : La décharge contrôlée correspond à un site nouvellement choisi pour stocker et ou traiter les déchets. Le choix du site est effectué suivant certaines règles et dispositions qui permettent d'éviter les impacts négatifs sur l'environnement. Le choix du site d'une décharge publique constitue donc une étape indispensable qui a pour objectif d'éviter ou minimiser l'impact sur l'environnement voisin. Ce choix doit prendre en considération plusieurs aspects, dont on peut citer :

- o **L'homme et l'habitat** : Pour tenir compte de cet aspect, il faut prendre en considération :

La proximité du projet par rapport aux agglomérations, avec indication de leur nature (rurale, urbaine, dense,...), de leur fonction et importance (taille en hab., ou en ménages) et de leur spécificité socio-économique, culturelle, etc. La proximité du projet par rapport à d'autres exploitations particulièrement sensibles aux nuisances (stations de cure, tourisme, arboricultures, etc.).

Les conditions de l'environnement à l'intérieur et autour des zones urbanisées ou construites (établissement humains), des espaces, des zones naturelles, de la qualité récréative, etc.

- o **Les eaux souterraines et de surface** : pour protéger les ressources en eau. L'étude du choix d'un site d'une décharge doit faire l'objet d'une description hydrogéologique de la région (qualité, quantité, taux de renouvellement, vitesse et direction d'écoulement) et leur sensibilité à la pollution. Elle doit prendre en considération les cours d'eau de surface et les plans d'eau (qualité, état naturel, possibilité d'extension, zones inondables, relation avec les eaux souterraines, etc.) et leur sensibilité à la pollution et faire un sondage des sources de production de l'eau (retenus des barrages, captages d'eau, etc.).
- o **La faune et la flore** : Le milieu récepteur est un milieu naturel dont il faut protéger sa faune et sa flore. Pour ce faire, il sera utile de faire :
 - + Une description de la structure biologique du milieu et de sa sensibilité à la pollution.
 - + Une description des habitats naturels et quasi-naturels, et de la biodiversité spécifique des espèces et des sociétés.
 - + Une description des périmètres d'extension d'espèces protégées ou menacées de disparition.
- o **Le paysage** : Pour protéger le paysage, il sera nécessaire de faire une description intégrale du paysage (morphologie, éléments structurels et structurants, caractéristiques particulières, lignes directrices du paysage), l'aspect et le système visuel, les particularités économiques du paysage et les zones d'importance particulière à valeur récréative.
- o **Les sols** : La description intégrale des sols de toute la zone concernée, leurs propriétés naturelles (types et nature du sol) et leur sensibilité à la pollution. La géologie du substratum (texture, perméabilité), la sensibilité hydrologique et écologique des sols environnants sont des couches d'informations importantes lors des études du choix d'un site pour une décharge donnée.
- o **Le climat et l'atmosphère** : Pour tenir compte de cette composante (Benabou & Aitkhouya, 2007), il faut :
 - Faire une description de la situation dans la zone d'impact (données relatives à l'atmosphère et au climat : direction prédominante du vent (par saison), pluviométrie, humidité, températures, etc.).
 - Déterminer les conditions atmosphériques, la capacité et les limites de la régénération atmosphérique, incendies, etc.
 - Faire un diagnostic de l'état actuel du site en ce qui concerne la pollution atmosphérique, selon la nature et l'importance (Benabou & Aitkhouya, 2007).

3.2. Réglementation du secteur des déchets au Maroc

La gestion des déchets solides ménagers et assimilés impose la connaissance des contextes juridiques et institutionnels les concernant. Cette démarche permet aux responsables d'anticiper sur les dispositions juridiques à venir et d'exploiter de manière optimale les possibilités offertes par les institutions publiques, comme l'assistance technique, le contrôle, etc. Plusieurs textes de lois, dont les modalités d'application sont définies par des décrets et des arrêtés, en relation avec la problématique des déchets et de leur gestion ont été promulgués.

3.2.1. Loi Organique n° 113-14 relative aux communes

Cette loi responsabilise les communes pour ce qui est de l'assainissement solide et liquide. L'article 83 de cette loi stipule que le conseil communal règle par délibération les affaires de la commune dont la gestion des déchets solides. Cette loi précise également que la taxe des sévices communaux et la taxe d'habitation ne sont pas des taxes affectées à une rubrique déterminée mais servent à financer la gestion des déchets solides.

3.2.2. Nouvelles lois de protection de l'environnement

Depuis 1995, différentes lois en relation avec l'environnement ont été promulguées en vue d'encadrer et d'accompagner l'action des pouvoirs publics en matière de gestion de l'environnement et de concrétiser les engagements internationaux du Maroc vis-à-vis du sommet du Rio de 1992 et de Johannesburg en 2002. Parmi ces lois, on peut citer notamment la loi n° 10-95 sur l'eau, la loi n° 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement, la loi n° 12-03 relative à l'étude d'impact sur l'environnement, la loi n° Loi 12-90 sur l'urbanisme et la loi n° 22-07 relative aux aires protégées promulguée par le dahir n° 1-10-123 du 3 chaabane 1431 (16 juillet 2010).

3.2.3. Cadre réglementaire relatif aux décharges contrôlées

Elle est promulguée par le Dahir n 1 06- 153 du 30 Chaoual 1427 (22 novembre 2006), la loi 28-00 comporte tous les principes de base permettant de réduire l'impact des déchets de tout genre sur l'environnement et la santé. Elle définit aussi les différents types de déchets, spécifie leur mode de gestion et précise le niveau de prise en charge. La loi 28-00 est formée de six (6) chapitres. Elle détaille notamment les aspects administratifs et détermine les modalités de l'élaboration des plans territoriaux de gestion des déchets solides.

Dans ce sens, la Loi n°28.00 relatif à la gestion des déchets et leurs éliminations prévoit l'élaboration de quatre (4) plans directeurs de gestion des déchets à quatre (4) niveaux territoriaux pour trois types distincts de déchets :

- ✓ Un plan directeur national pour la gestion des déchets dangereux,
- ✓ Un plan directeur régional de gestion des déchets industriels, médicaux et pharmaceutiques non dangereux et des déchets ultimes, agricoles et inertes

- ✓ Un plan directeur préfectoral ou provincial de gestion des déchets ménagers et assimilés.
- ✓ Et un plan communal de gestion des déchets solides qui reprend les orientations du plan provincial.

3.2.4. Programme National des Déchets Ménagers (PNDM)

Face à cette situation, assez bien documentée par plusieurs études de diagnostic et d'impact, le Ministère de l'Intérieur et le Ministère de l'énergie, des mines de l'Eau et de l'Environnement ont élaboré un programme national de gestion des déchets ménagers qui vise l'adoption d'un ensemble de mesures concrètes, modulées à moyen et à long terme sur une période de 15 années, destinées à alléger les problèmes qui encombrant ce secteur.

3.2.5. Loi n° 13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air

Le Dahir n° 1-03-61 du 10 Rabii I 1424 (12 mai 2003) avait pour objet de porter promulgation de la loi n°13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air. Cette loi a pour but de prévenir, réduire et limiter les émissions de polluants dans l'atmosphère susceptibles de porter atteinte à l'environnement et la santé.

La loi prévoit dans son 2ème Article la lutte contre les émissions des polluants atmosphériques susceptibles de porter atteinte à la santé de l'homme, à la faune, au sol, au climat, au patrimoine culturel et à l'environnement en général.

3.3. Type de déchets pris en considération dans ce travail

L'essentiel des déchets objet de la présente étude sont les déchets ménagers et assimilés qui peuvent être définis comme suit :

Les déchets ordinaires provenant de la préparation des aliments et du nettoyage normal des habitations, comprenant notamment : déchets ménagers, mâchefers de chauffage central, débris de verre ou de vaisselle, cendres, feuilles, chiffons, balayures et résidus divers déposés, même indûment, aux heures de la collecte, dans des récipients individuels ou collectifs placés devant les immeubles.

Les déchets ménagers provenant des établissements industriels, et commerciaux, des bureaux et administrations, cours et jardins privés déposés dans des récipients dans les mêmes conditions que les déchets ménagers.

Les produits de nettoyage des voies publiques, parcs, cimetières et de leurs dépendances rassemblés en vue de leur évacuation.

Les produits du nettoyage et détritiques des halles, foires, marchés, souks et lieux de fêtes publiques, rassemblés en vue de leur évacuation.

4. Conclusion

Le Maroc a été longtemps en retard par rapport aux autres États européennes dans le domaine de la gestion des déchets. Aujourd'hui, Il ne fait plus partie des « mauvais élèves », malgré les textes législatifs et les réglementations ont été promulguées récemment dans ce domaine, le manque de l'application, de suivi et de coordination par différents acteurs et décideur. Ce qui engendre l'absence de respect des lois de la gestion des déchets et par conséquent influencé sur la santé et l'hygiène publique.

II- Méthodologie suivie et outils de travail

A- Travail de terrain

C'est une phase essentielle de cette étude. Elle s'appuie sur les observations de terrain, les visites des administrations pour la collecte des données, enquêtes, campagnes de mesures et d'analyses. L'objectif de ce travail est de déterminer l'état des ressources en eau et le degré de pression exercé par l'homme sur ces ressources dans le grand bassin versant d'Oum Er Rbia en général et dans son sous-bassin moyen en particulier.

1. Collecte des données

La deuxième phase de ce travail consiste à collecter les données nécessaires auprès des services et des administrations suivants :

a- Données de la qualité

On a utilisé les données de la qualité de l'ABHOER qui sont le résultat des campagnes de mesures réalisées entre 2000 et 2013. Ces résultats sont rassemblés sous formes de fichiers Excel, chaque fichier contient un ensemble de tableaux qui résume les valeurs d'analyses de chaque paramètre de qualité. Les analyses sont effectuées dans le laboratoire d' ABHOER et dans celui de LPEE.

b- Données climatiques

Ce sont des données de la station climatologique de Sidi Jaber (Météo Nationale) qui représente la région de Béni Mellal. Ces données ont été enregistrées sur des fichiers Excel. La chronique qu'on a obtenue commence de 1971.

c- Données sur l'assainissement et la consommation en eau

On a collecté des données sur la consommation de l'eau potable et l'assainissement auprès des administrations de l'ONEE division branche-eau, les services communaux, RADET, et des associations.

2. Enquêtes de terrain

Ce travail de terrain n'a pas été limité à recueillir des données, mais il a été associé à des enquêtes auprès des habitants riverains et des administrations (Provinces de la région, Collectivités locales, Agences Urbaines, ABHOER, Direction Provinciale d'Agriculture, les Eaux et Forêts, direction provincial de l'équipement...).

Ces enquêtes nous ont renseignées sur les différentes sources de pollution (rejets domestiques, des huileries, des sucreries, des carrières et autres), leurs sites d'implantation, leurs activités et leurs procédés de fonctionnement et aussi sur la consommation en engrais et en pesticides. Tout ce travail nous a permis finalement de mettre l'œil sur la source de pollution majeure qui existe dans le bassin versant moyen d'Oum Er-Rbia et le degré de l'impact sur les ressources en eau.

3. Compagnes de Mesures et analyses des échantillons

a- Choix des stations de mesures

On a choisi des points de prélèvement le long du cours d'eau principal d'OER, de telle façon qu'ils soient complémentaires et plus détaillés au réseau de surveillance réalisé par l'ABHOER.

b- Paramètres mesurés in situ

- Paramètres hydrologiques

On a effectué des campagnes pour mesurer le débit au niveau des rejets domestiques et industriels par contre on a estimé le débit des rejets agricoles. On a utilisé la méthode au moulinet pour les faibles débits et la méthode de jaugeage au flotteur pour jauger les débits importants.

- Paramètres physiques

Il s'agit de la température de l'eau et de l'air, le pH, conductivité électrique et la minéralisation de l'eau. Ces paramètres sont mesurés sur place à l'aide d'un multimètre.

- Prélèvement des échantillons

Lors des campagnes qu'on a réalisé, on a prélevé plusieurs échantillons en allant de l'amont vers l'aval le long de la zone d'étude. Après fixation (solution de l'acide nitrique de 1N) et conservation à froid, les échantillons ont été transportés au laboratoire pour analyse.

c- Analyses dans les laboratoires

- Éléments majeurs analysés par titrimétrie

Les éléments titrés sont ; les chlorures, la dureté TH (titre hydrotimétrique), le calcium, la demande chimique en oxygène (DCO).

- Paramètres analysés par photométrie

Ces paramètres sont manipulés grâce à des appareils très sophistiqués : photomètre à flamme et l'ICP.

- Photomètre à flamme :

La photométrie de flamme repose sur le fait que certains composés chimiques peuvent être dissociés thermiquement dans une flamme et que les atomes produits sont, pour un certain nombre d'entre eux, excités à des niveaux d'énergie élevés. Le retour à l'état fondamental se fait avec des émissions de rayonnements et l'intensité de la lumière émise est proportionnelle au nombre d'atomes revenant à l'état fondamental.

Ici, on présente les éléments qu'on a manipulés à l'aide de cet appareil et les longueurs d'ondes caractéristiques pour chaque élément :

*Les Sulfates : l'absorbance observé dans la longueur d'onde 545nm ;

*Les Nitrates : l'absorbance dans la longueur d'onde 540 nm ;

*L'ammonium : mesuré par colorimétrie à 630nm.

- Paramètres analysés par ICP :

On a effectué des analyses pour les métaux lourds avec un appareil spécial s'appelle L'ICP, c'est la première de son genre dans la région. On a effectué les analyses avec cet appareil dans les laboratoires de la FST. Le spectromètre de masse à couplage inductif (ICP-MS). C'est un instrument pour analyse les éléments en traces (métaux lourds).

On a choisi comme éléments en trace à mesurer : Argent (Ag), Aluminium (Al), Arsenic (As), Baryum (Br), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Zinc (Zn), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se). Les éléments choisis sont des minéraux qui, avec des faibles concentrations dans le milieu aquatique, affectent gravement la santé de l'homme et des organismes. Leur présence dans le milieu est due principalement aux rejets anthropiques.

- Paramètres bactériologiques :

La bactériologie est basée sur la recherche des germes du groupe coliformes, dont en particulier Escherichia Coli et de quelques autre germes sporulés, qui ne sont pas dangereux par eux-mêmes, mais indiquent la présence d'une pollution par matière fécale. Une eau qui contient ces germes (CT, CF et SF) risque donc de devenir dangereuse en cas d'épidémie.

B- Le travail du bureau

Après la collecte des données nécessaires pour la réalisation du projet, vient la partie de création de la base de données, l'élaboration des cartes, des courbes et des schémas. En même temps on fait l'analyse des données et par conséquent la rédaction du rapport.

La réalisation de ces travaux (soit de terrain ou bureautique) nous a obligé d'utiliser un certain nombre de logiciels et de matériels (appareillages de mesures hydro-chimiques et outils géomatiques).

Les logiciels qu'on a utilisé pour cartographier la zone d'étude et aussi pour la gestion des bases de données.

1. Logiciel Arc Gis 10.1

- Présentation du logiciel

Le système **ArcGIS 10.1** constitue un instrument de gestion, visualisation, d'organisation et d'analyse de données géo référencées. Développé par la société ESRI (Environmental Systems Research Institut). Il

offre de grandes possibilités au niveau du traitement des données si l'on dispose des extensions du programme appropriées.

La version 10.1 d'ArcGIS est disponible depuis la fin de l'année 2012, mais actuellement on a d'autres versions accessibles (10.2, 10.2.1,...etc.).

Le logiciel se compose d'un ensemble de sous-programme distincts :

- **Arc Map** : pour la présentation des données et l'analyse spatiale.
- **Arc Catalog** : pour la gestion et l'organisation des couches, données et images.
- **Arc Toolbox** : pour la conversion des couches et images (projections, format des fichiers).
- **Arc Scene** : pour la visualisation et l'exploration de couches en 3D.
- **Arc Globe** : pour la visualisation de couches sur un globe terrestre (sphère).
- ***Les fonctionnalités Arc Gis 10.1***

Le système Arc GIS permet de :

- Gérer des données :

Arc GIS peut organiser et gérer n'importe quelle information géographique pour supporter des applications de visualisation et d'analyse. Il permet de stocker et gérer en toute sécurité des informations spatiales et diffuser des mises à jour de données issues de différentes sources.

- Faire des analyses spatiales :

Arc GIS fournit un jeu d'outils complet de modélisation d'information géographique pour soutenir des décisions intelligentes et rapides. Il est possible d'utiliser les outils de modélisation spatiale et d'analyse pour automatiser les processus de travail et révéler des tendances et des modèles dans vos données.

- Cartographier :

Arc GIS offre de puissants outils de visualisation et de cartographie pour une utilisation d'entreprises ou scientifiques. Il est possible d'interagir avec les données, visualiser des changements au cours du temps et dans l'espace, cerner des tendances, et diffuser l'information aux analystes, décideurs et aux opérateurs sur le terrain.

- ***Réalisation et préparation des cartes sous Arc Gis 10.1***

Notre travail nécessite l'élaboration des cartes à différentes thèmes, cette opération passe par plusieurs étapes :

- Le choix de la plate-forme : dans notre cas nous avons travaillé sur des cartes topographique, géologique, et on a aussi travaillé sur l'MNT du Maroc.
- Carte topographique : pour extraire la situation topographie de la zone d'étude.
- Carte géologique : pour avoir la géologie de la zone d'étude.
- Module Numérique de Terrain (MNT) : c'est une représentation de la topographie (altimétrie et/ou bathymétrie) d'une zone terrestre sous une forme adaptée à son utilisation par un calculateur numérique






(ordinateur), nous avons utilisé un MNT de type ASTER afin d'extraire les courbes de niveau de notre zone d'étude.

- Opérations de traitements et de préparation : Dans cette partie on fait plusieurs opérations dont les principales.
- Géo-référencement des rasters ou des cartes topographiques ;
- Délimitation de la zone d'étude ;
- Digitalisation des phénomènes et objet selon le besoin (carte hydrologiques, carte de qualité, carte de situation...);
- Création des tables attributaires (la base de données).
- Opérations de mise en page et de représentation des cartes : Cette phase nécessite l'ajout des composantes d'habillage de la carte.
- Le titre de la carte ;
- L'échelle ;
- La légende...etc.

2. Logiciel Auto-CAD 2004

AutoCAD, est un logiciel de dessin assisté par ordinateur, créé en 1982 par Autodesk et fonctionnant exclusivement sous Microsoft Windows avec la suite Microsoft Office. En installant CrossOver Office ou Wine, il peut également fonctionner sous GNU Linux.

Bien que, à l'origine, il ait été développé pour les ingénieurs en mécanique, il est, aujourd'hui, utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire :

-  Architecture
-  Électronique
-  Industrie
-  Cartographie et Topographie
-  Mécanique

Au cours de notre stage nous avons utilisé l'AutoCAD 2004 (R16.0) qui a été créé en mars 2003.

Ce logiciel a nous assuré la possibilité de la réalisation des dessins et des plans des différents phénomènes de notre sujet avec toute simplicité, également il permet d'exporter ces dessins et plans vers d'autres logiciels notamment Arc GIS.

*PARTIE II : IMPACT DES SOURCES DE
POLLUTION SUR LA QUALITÉ DES
RESSOURCES EN EAU*

Cas du sous bassin moyen de l'Oum Er Rbia

PARTIE II : IMPACT DES SOURCES DE POLLUTION SUR LA
QUALITÉ DES RESSOURCES EN EAU
Cas du sous bassin moyen de l'Oum Er Rbia

Introduction et problématique :

L'eau est un élément vital, abondant de point de vue quantité mais elle est rare qualitativement au cours de la dernière décennie. Elle est soumise à une augmentation continue des besoins due à l'évolution rapide de la population, à l'amélioration des modes de vie, au développement industriel et à l'extension de l'agriculture irriguée. Ces pressions sur les ressources en eaux s'accompagnent d'une dégradation croissante de plus en plus de leur qualité.

Cette dégradation de la qualité des ressources en eaux a eu pour conséquence une diminution des débits des cours d'eau et par la suite leur pouvoir auto-épurateur. Ainsi, la pollution des cours d'eau s'est nettement accentuée en aval des rejets urbains.

Le bassin d'Om Er Rbia est l'un des régions hydrauliques affectées par la pollution après celle de Loukkos et Sebou, les points de mauvaise qualité sont engendrés auprès des rejets liquides. Notre zone d'étude fait partie du bassin d'Om Er Rbia, elle englobe presque tout le sous-bassin moyen de ce dernier.

Pour préserver notre richesse en eaux, on est obligé d'évaluer et de suivre son état aussi dans le temps que dans l'espace pour faire sortir des solutions adéquates protégeant cet or de vie. C'est dans ce cadre que le présent travail contribue à l'élaboration d'un SIG pour les sources de pollution à partir des données collectées et traitées sous ce système d'information géographique (SIG), ainsi qu'à l'évaluation de leur impact sur les ressources en eaux dans cette zone qui se comporte comme la plus touchée dans tout le bassin d'Om Er Rbia. L'objectif de cette étude s'articulera autour des points suivants :

- ✚ Les sources de pollution des ressources en eaux ;
- ✚ La nature des foyers de pollution et leurs localisations ;
- ✚ Les quantités et les caractéristiques des rejets liquides ;
- ✚ L'impact de ces rejets sur la qualité des eaux ;
- ✚ Des propositions de solutions adéquates pour lutter contre cette problématique.

Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I. GENERALITES

Le bassin d'Om Er Rbia est considéré comme le bassin le plus vaste au Maroc à savoir sa superficie estimée à 34.000 Km² et le volume d'eau transporté par l'oued Om Er Rbia d'une longueur de 600Km et qui se comporte comme l'un des fleuves les plus grands en Afrique du Nord.

II. CADRE GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude s'étend sur une superficie de **7532,37 Km²** situant dans la zone d'action d'ABHOER. On a délimité notre zone selon les communes qui entourent la zone la plus dégradé par la pollution et qui provoquent des contaminations des eaux de surface et/ou souterraines. Ces communes rurales et urbaines appartiennent à trois provinces: Béni Mellal, Azilal et Khouribga.

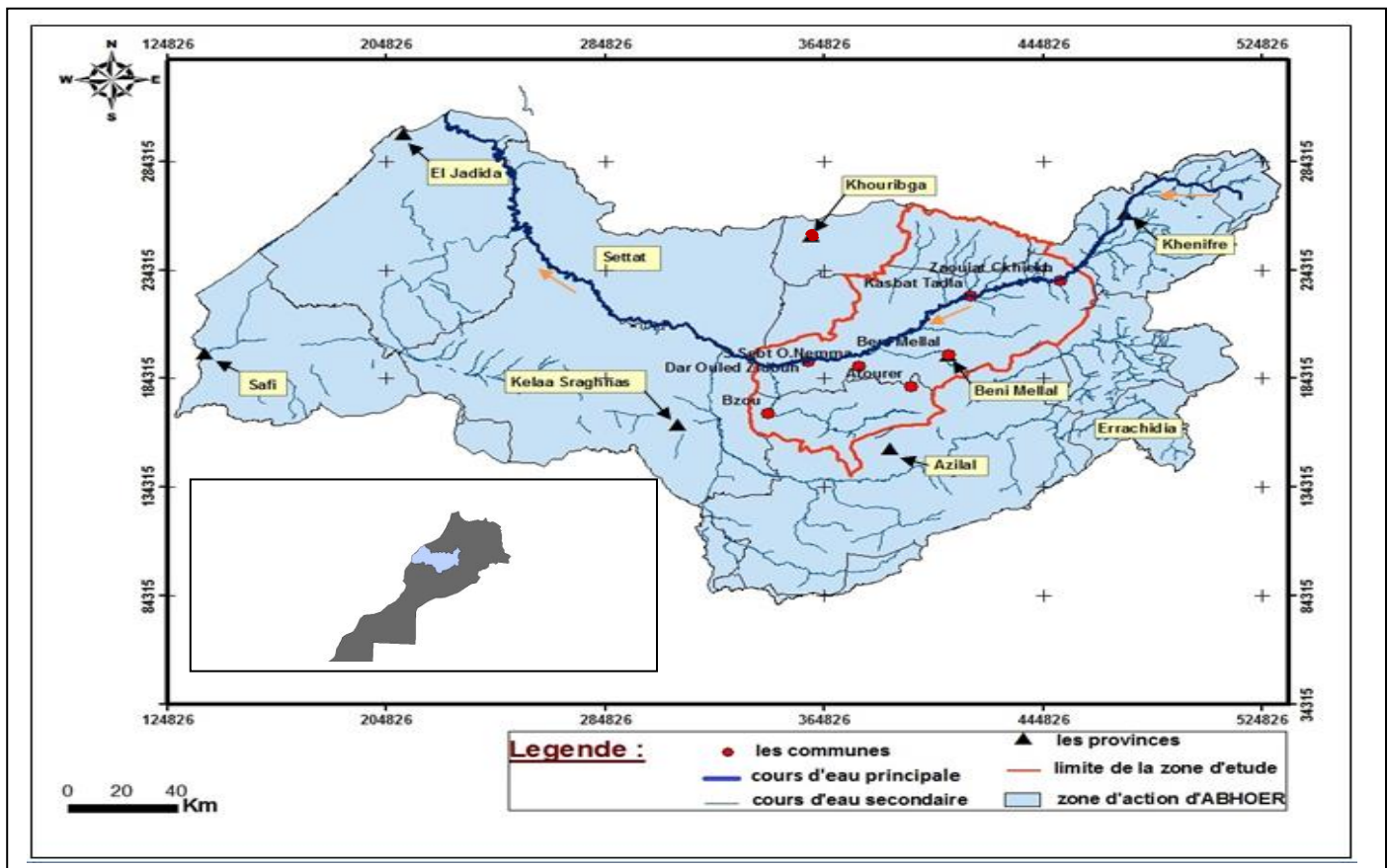


Figure 4 : carte de situation de la zone d'étude

III. CADRE GEOLOGIQUE

la dépression du Tadla est donc limitée au Sud par le massif plissé de l'Atlas, essentiellement jurassique, et au Nord par le plateau des phosphates où affleurent le Crétacé supérieur et l'Eocène. Vers l'Est, la dépression se termine non loin de Kasba Tadla, là où le Turonien du plateau d'Oued Zem rejoint la bordure atlasique. Par contre, à l'Ouest, aucune limite géologique ne peut être tracée. La très grande majorité des affleurements est riche en calcaire ce qui n'a pas manqué d'influencer sur les caractéristiques des dépôts qui se sont accumulés dans cette dépression et des sols qui se sont formés sur ces dépôts.

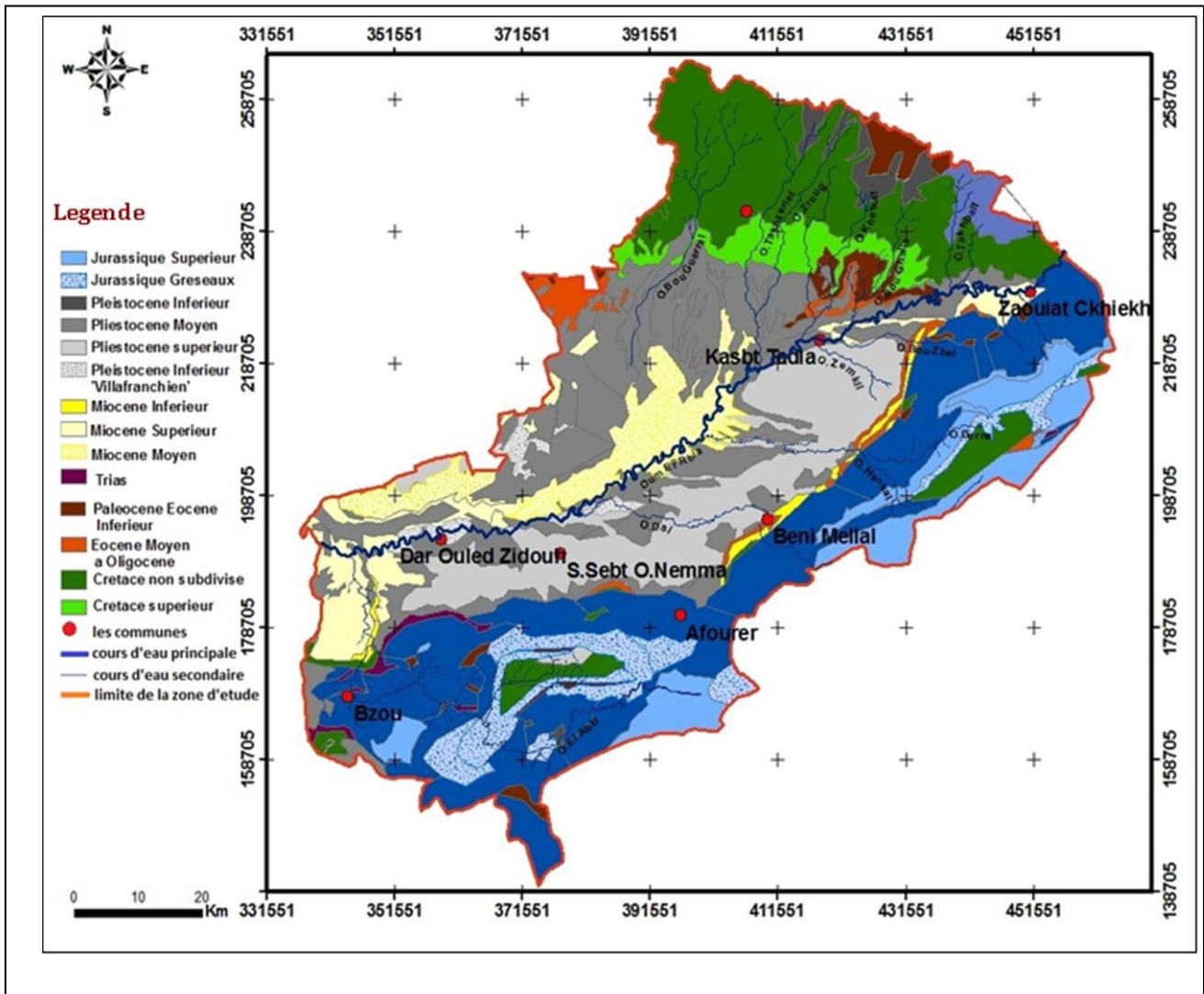


Figure 5 : carte géologique de la zone d'étude

IV. CADRE TOPOGRAPHIQUE

La topographie intervient essentiellement sur le mécanisme de ruissellement. Elle a une influence essentiellement indirecte, à travers la pente et l'altitude, l'énergie potentielle étant la force motrice de l'écoulement de l'eau. Plus la pente est importante, plus cette énergie potentielle est élevée, et plus l'eau acquiert de la force ; ce qui diminue sa pollution.

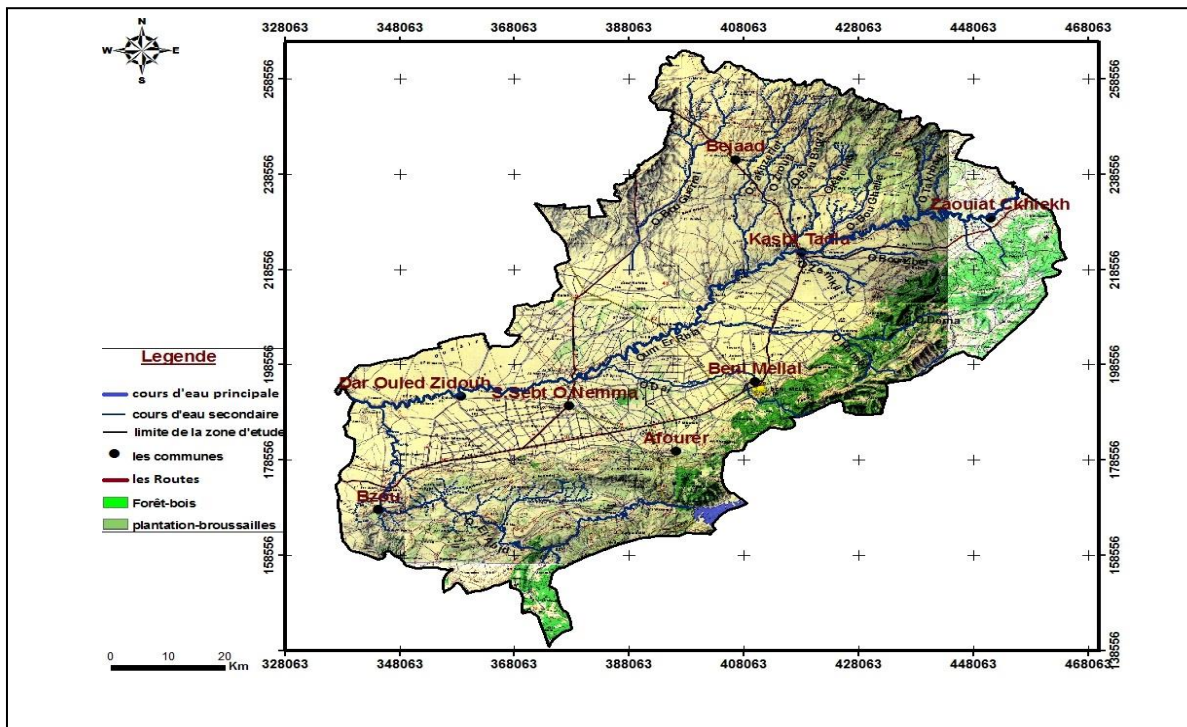


Figure 6 : carte topographique de la zone d'étude

V. COUVERT VEGETAL

Le couvert végétal dans la zone d'étude est très varié, on trouve un matorral de chênes verts lentisques, de caroubiers et d'oliviers au niveau des zones dont la pente un peu forte alors ce qui concerne la plaine, on trouve une répartition entre des arbres fruitiers vivaces (fermes, sodéa...) et des arbres herbacés (céréales, luzernes, betteraves à sucre, maïs, sorgho...).

En général, ce tapis végétal est moins dense surtout au piedmont de la montagne ce qui favorise un ruissellement rapide de l'eau.



Figure 7 : Couvert végétal de la plaine du Tadla

VI. CADRE CLIMATOLOGIQUE

Le climat de la région est de type aride à semi-aride, les variations des précipitations et des températures présentent de grandes disparités, tant qualitativement (sécheresse ou humidité) que quantitativement (amplitude du changement). On rencontre ainsi des simulations donnant une tendance à la sécheresse.

1. Température

La température varie entre $-1,8^{\circ}\text{C}$ (janvier) et 47°C (juillet). Le diagramme suivant indique l'évolution de la température du 1985 jusqu'au 2011 dans la station de Béni Mellal et celle de sodea qui se situe a Ouled zmam :

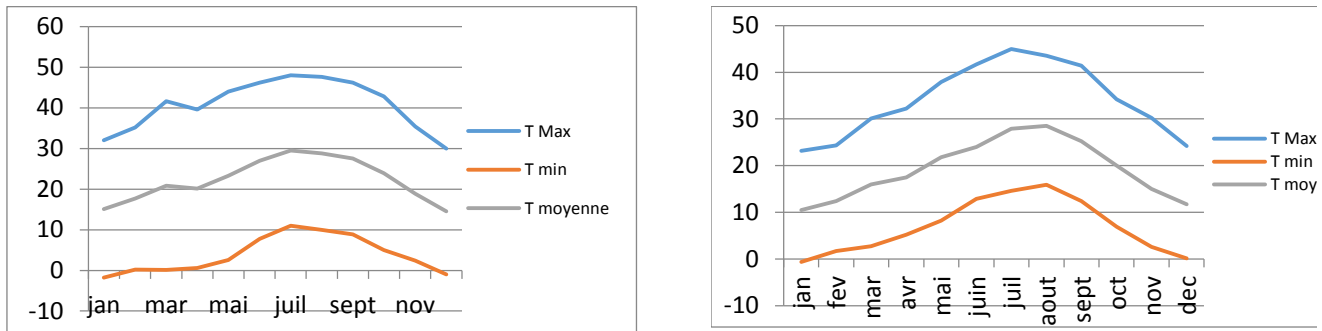


Figure 8 : T° moyennes mensuelles interannuelles (1985-2011)
A gauche station Béni Mellal et droite station Sodea (Arioua, 2013)

2. Précipitation

Le diagramme au dessous indique le volume pluviométrique en mm du 1985 jusqu'au 2011 dans la station de Béni Mellal et celle de sodea (Ouled zmam) :

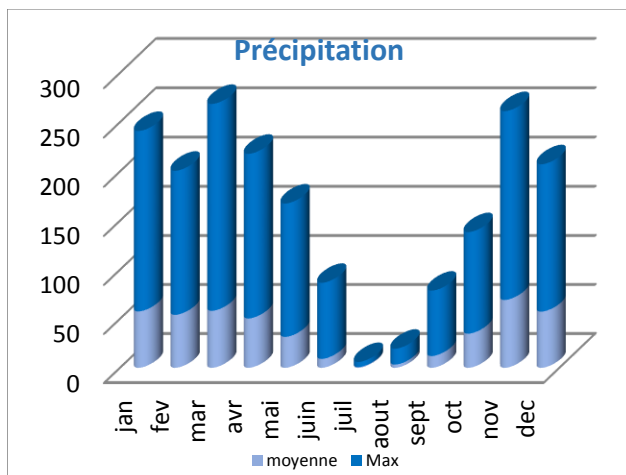


Figure 9 : pluviométrie de Béni Mellal
(Arioua, 2013)

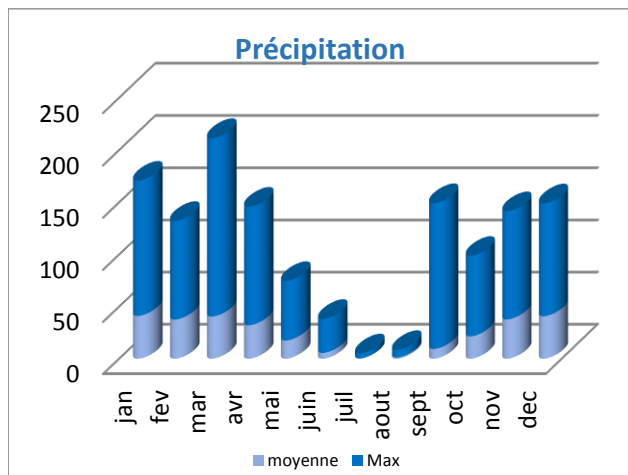


Figure 10 : pluviométrie de Sodea
(Arioua, 2013)

Les précipitations interviennent essentiellement pendant les premiers mois de la campagne agricole et se prolongent jusqu'au mois de Mai, et enregistrent une moyenne de 100 mm dans les zones arides et 300 mm dans les zones humides.

3. Evaporation :

L'évaporation potentielle est de 2000 mm avec un maximum mensuel de 300 mm en juillet et août.

4. Vents :

Les vents dominants, de direction générale Est à Nord-est, soufflent généralement le long de la vallée et en fin d'après-midi. Ils ont souvent une force importante durant toute l'année. En été, des vents secs et chauds (chergui), provenant du Sud au Sud-est, sont également fréquents.

5. Synthèse climatologique :

Le diagramme d'ombrothermique de Bagnouls-Gaussen a pour but de limiter la saison sèche et la saison humide de la région. Il présente une alternance relativement prononcée entre le climat semi-aride et subhumide avec une prédominance de ce dernier.

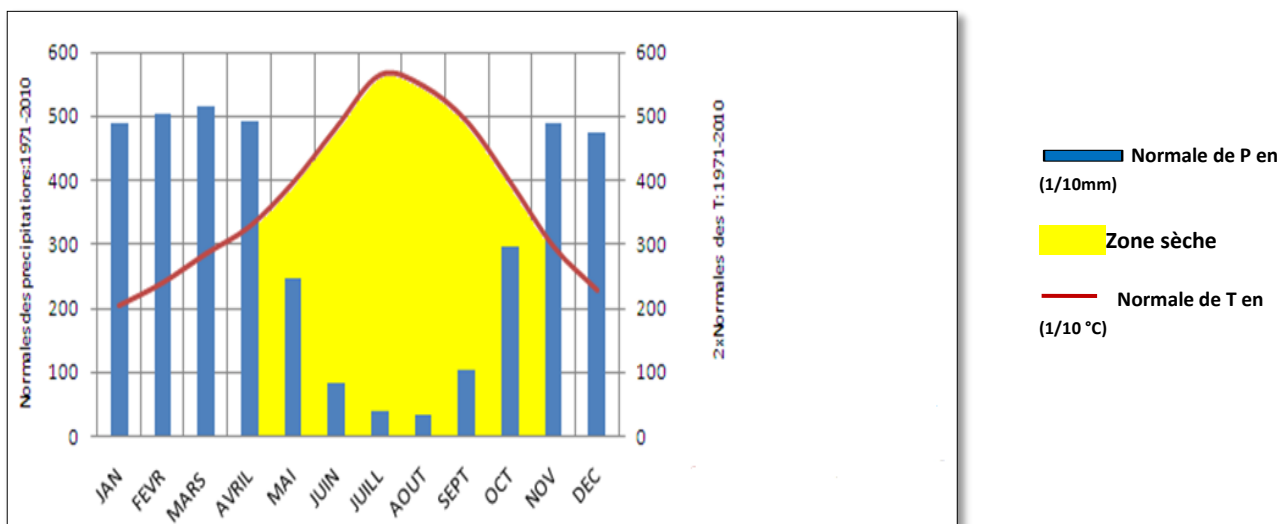


Figure 11 : diagramme ombrothermique au niveau de la région de Béni Mellal (Arioua & Oujadi, 2012)

VII. CADRE HYDROLOGIQUE

Les cours d'eau qui s'écoulent dans la zone de notre étude sont constitués de l'oued Oum Er Rbia et de ses principaux affluents: Dai, El Abid, Derna, Zemkil, Zroug, Kheikat, Bou ghalya, Bou guerrall, takhbalt.

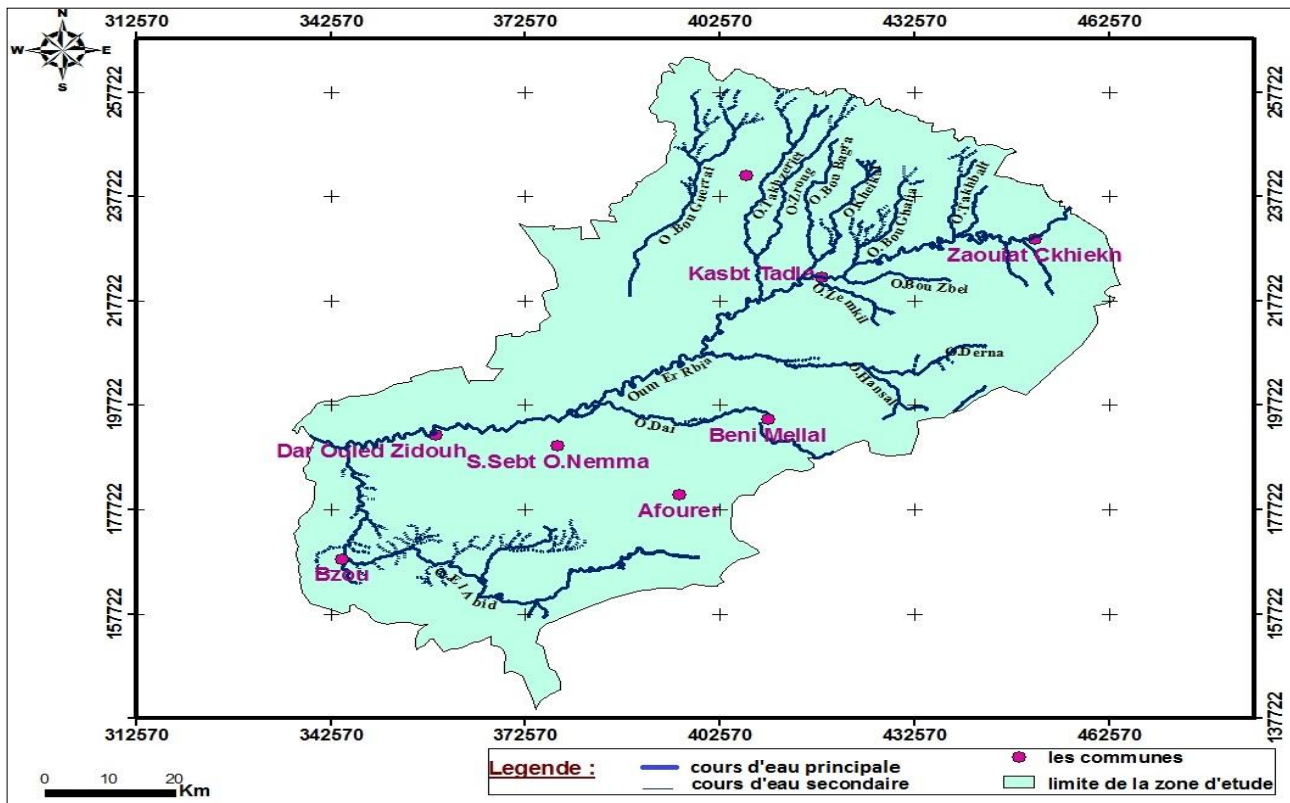


Figure 12 : réseau hydrographique de la zone d'étude (Arioua, 2013)

➤ Les caractéristiques physiographiques :

Ces paramètres sont utiles pour indiquer et comprendre le comportement hydrologique du bassin versant.

● Rapport de confluence (ou de bifurcation)

Pour calculer le rapport de bifurcation, on s'est basé sur la classification des cours d'eau selon leurs importances de débit (classification de Strahler).

$$R_b = N_n / N_{n+1}$$

Avec : N_n : nombre de cours d'eau d'ordre n

$$\frac{1}{2} < R_b < 1$$

$$R_b = 0.83$$

Le réseau hydrographique du bassin étudié est bien ramifié puisque son rapport de confluence s'étend vers 1.

● Indice de compacité

C'est le rapport entre le périmètre du bassin étudié avec celui d'un cercle ayant même surface :

$$k_c = \frac{P_{bv}}{P_{cercle}} = \frac{0.28 \times P_{bv}}{\sqrt{S_{bv}}}$$

avec : P_{sv} : périmètre de bassin (Km)

S_{bv} : surface de bassin (Km²)

Si $K_c = 1$: le bassin est circulaire

Si $K_c > 1$: le bassin est allongé

$$K_c = 0,28 \text{ (} 526/\sqrt{7532,37}\text{)}$$

$K_c = 1,69$; donc le sous bassin étudié a une forme **allongée**.

● Densité de drainage

C'est le rapport de la somme des longueurs des cours d'eau avec la superficie du bassin drainé :

$$D_d = \sum l_i / S_{BV}$$

Avec : l_i : longueur du cours d'eau i

S_{BV} : superficie du bassin drainé

$$\sum l_i = 848 \text{ Km}$$

$$S_{BV} = 7532,37 \text{ Km}^2$$

La densité de drainage calculée est : **0,112 km⁻¹**.

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique bien ramifié, de plus $D_d = 0,112 \text{ km}^{-1}$ ce qui qualifie le sous bassin est moyennement drainé.

● Courbe hypsométrique

C'est une courbe qui représente la répartition de la surface en fonction de l'altitude des différentes portions du sous bassin. Elle nous donne une idée sur la variation de la pente de l'amont vers l'aval de la zone d'étude.

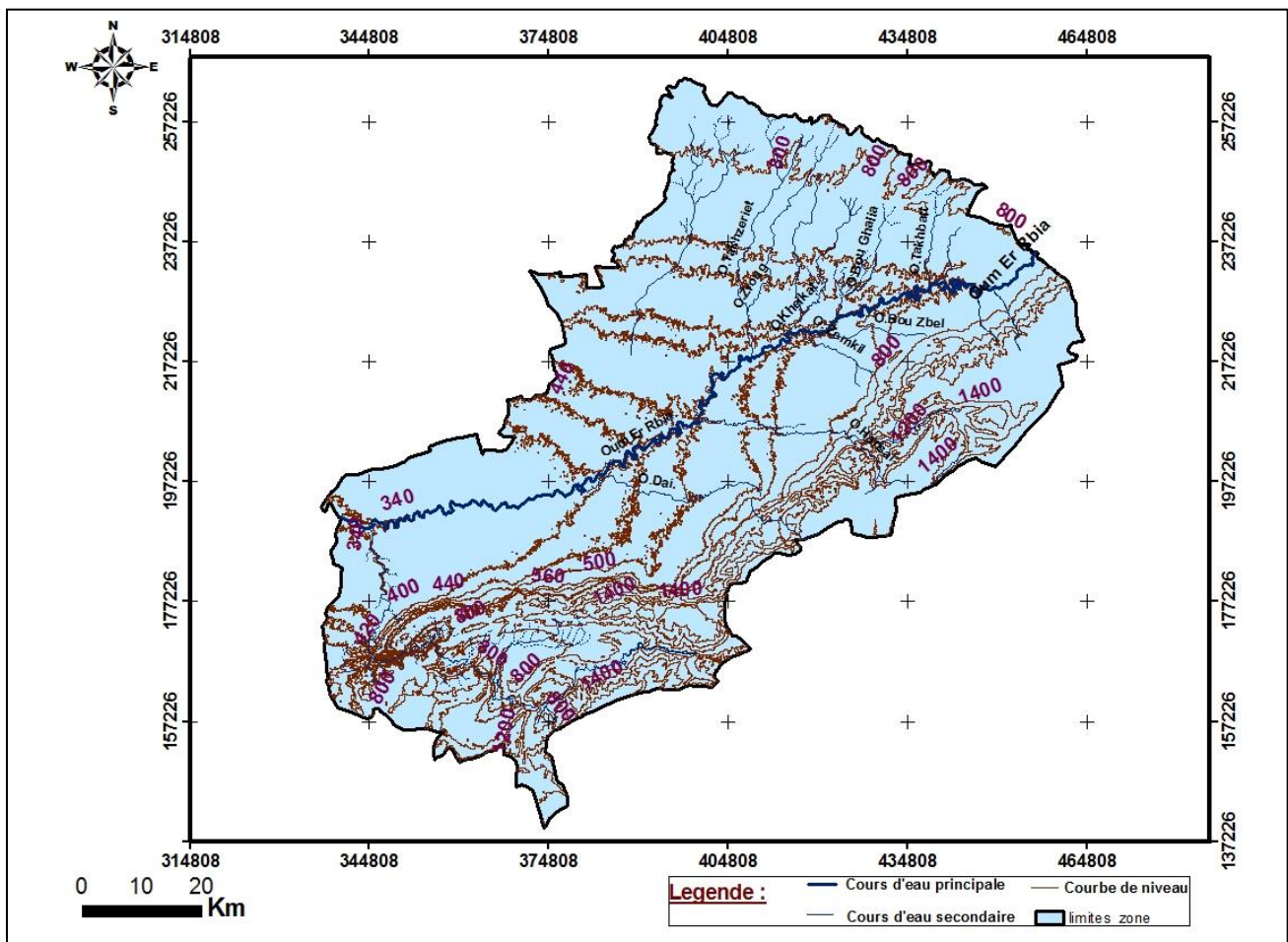


Figure 13 : topographie digitalisé par tranche de surface de la zone d'étude (Arioua, 2013)

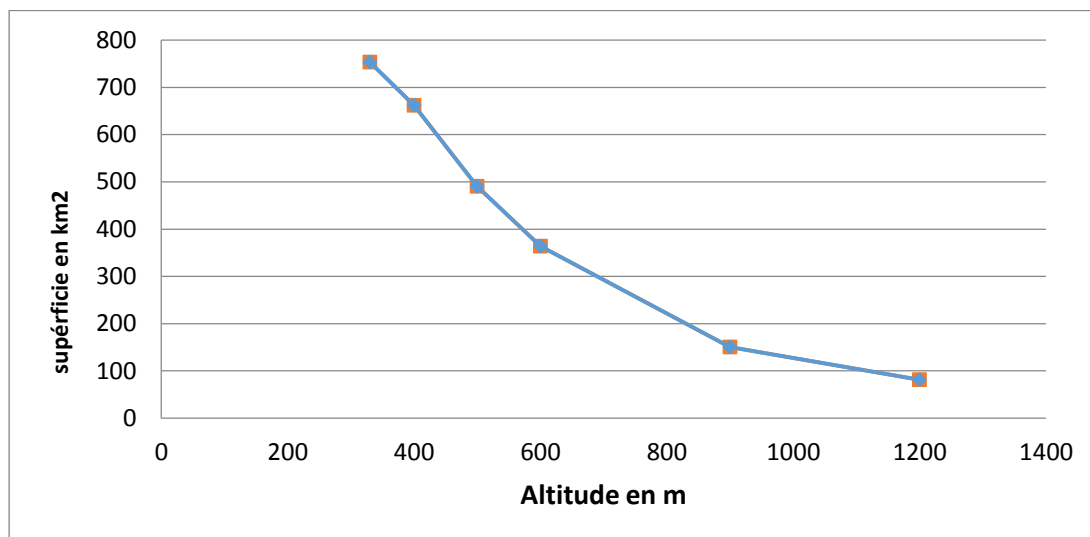


Figure 14 : courbe hypsométrique topographique (Arioua, 2013)

La pente forte se situe en amont du bassin d'étude avec une altitude de 1200m sur une superficie de 1000 Km² alors elle diminue progressivement vers l'aval avec une altitude de 300m et de surface égale à 8000 Km². Donc la pente diminue de l'amont vers aval et vis versa pour la superficie. De ce fait, on résulte un ruissellement rapide en amont favorisant l'autoépuration de la pollution des cours d'eau et entraînant à l'érosion des versants de la chaîne atlasique. En contre partie, la pente faible en aval de la plaine du Tadla donnant naissance à un écoulement faible favorisant la stagnation et l'accumulation de la pollution.

VIII. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

La zone d'étude recèle des ressources en eau souterraines importantes. Les principales nappes, leurs superficies, leurs épaisseurs et leurs utilisations sont indiquées dans le tableau suivant:

Tableau 6 : Principales nappes de la zone d'étude (ABHOR : 2005)

Nappe	Superficie (Km ²)	Encaissant géologique	Epaisseur moyenne de la nappe (m)	Type	Utilisation de l'eau
Nappe profonde du Turonien de Tadla	10000	calcaires dolomitiques	30	libre au niveau des affleurements, captive sous le Tadla	AEPI
Nappe phréatique des Beni Amir	600	complexe sédimentaire du Mio-Plio quaternaire	40	Libre	I
Nappe phréatique de Beni moussa	885	complexe sédimentaire du Mio-Plio-quaternaire	40	Libre	I

AEPI : Alimentation en eau potable et industrielle, I : Irrigation.

Une coupe hydrogéologique au niveau de la zone d'étude a donné une forme synclinale du bassin versant étudié et qui est montrée par la figure suivante :

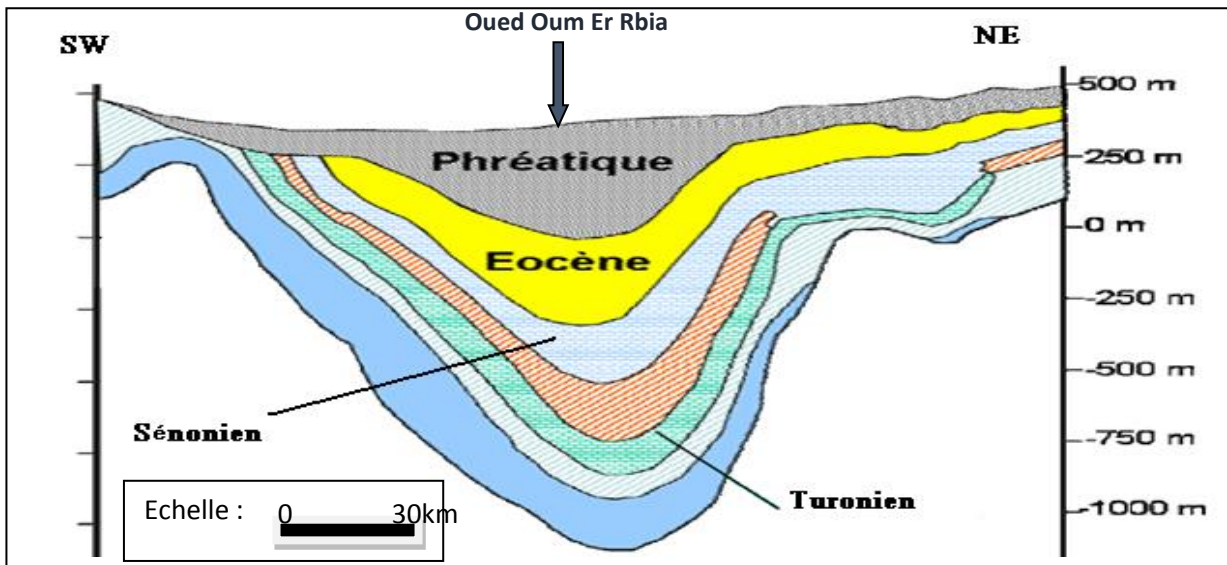


Figure 15 : coupe hydrogéologique de la zone d'étude (Arioua, 2013)

Pour avoir une idée sur l'écoulement souterrain du secteur de travail, on a mesuré le niveau piézométrique des dizaines de points d'eau répartis sur les deux périmètres de la plaine du Tadla.

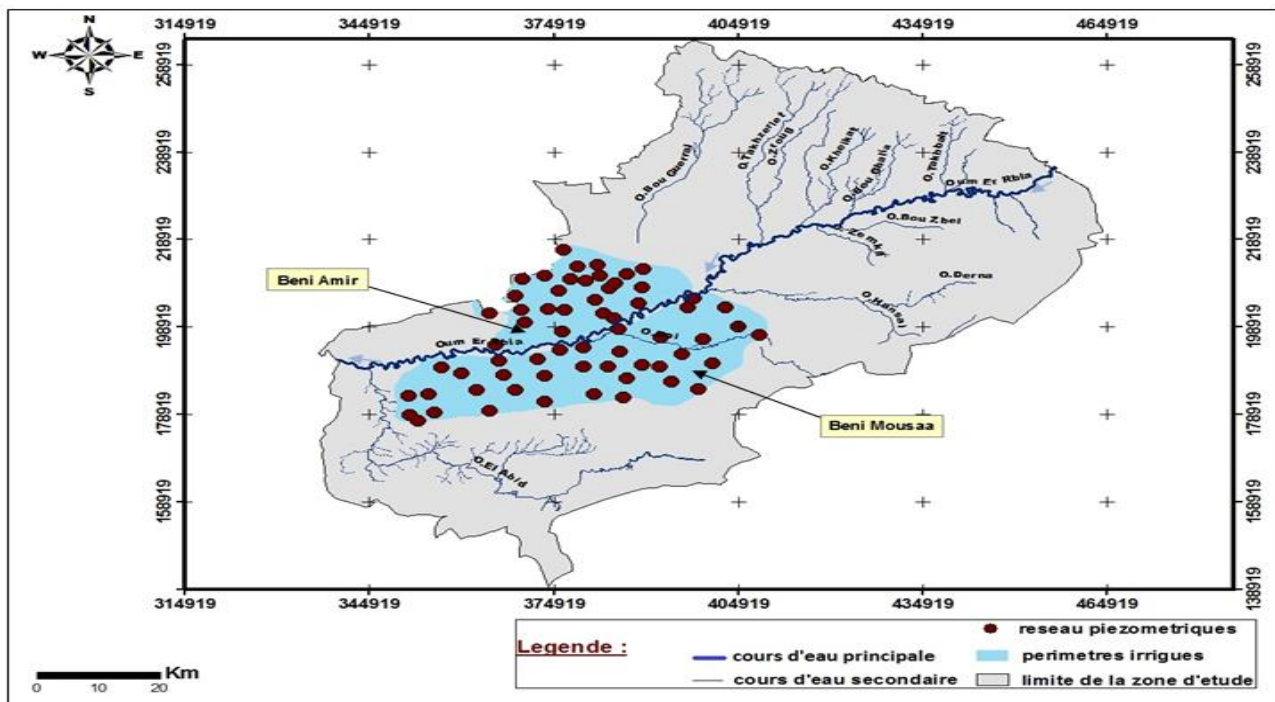


Figure 16 : réseau piézométrique dans les périmètres de Béni Moussa et Béni Amir (Arioua, 2013)

Une carte piézométrique a été réalisée pour détecter la relation hydraulique entre la nappe phréatique de la plaine du Tadla et l'oued Oum Er Rbia.

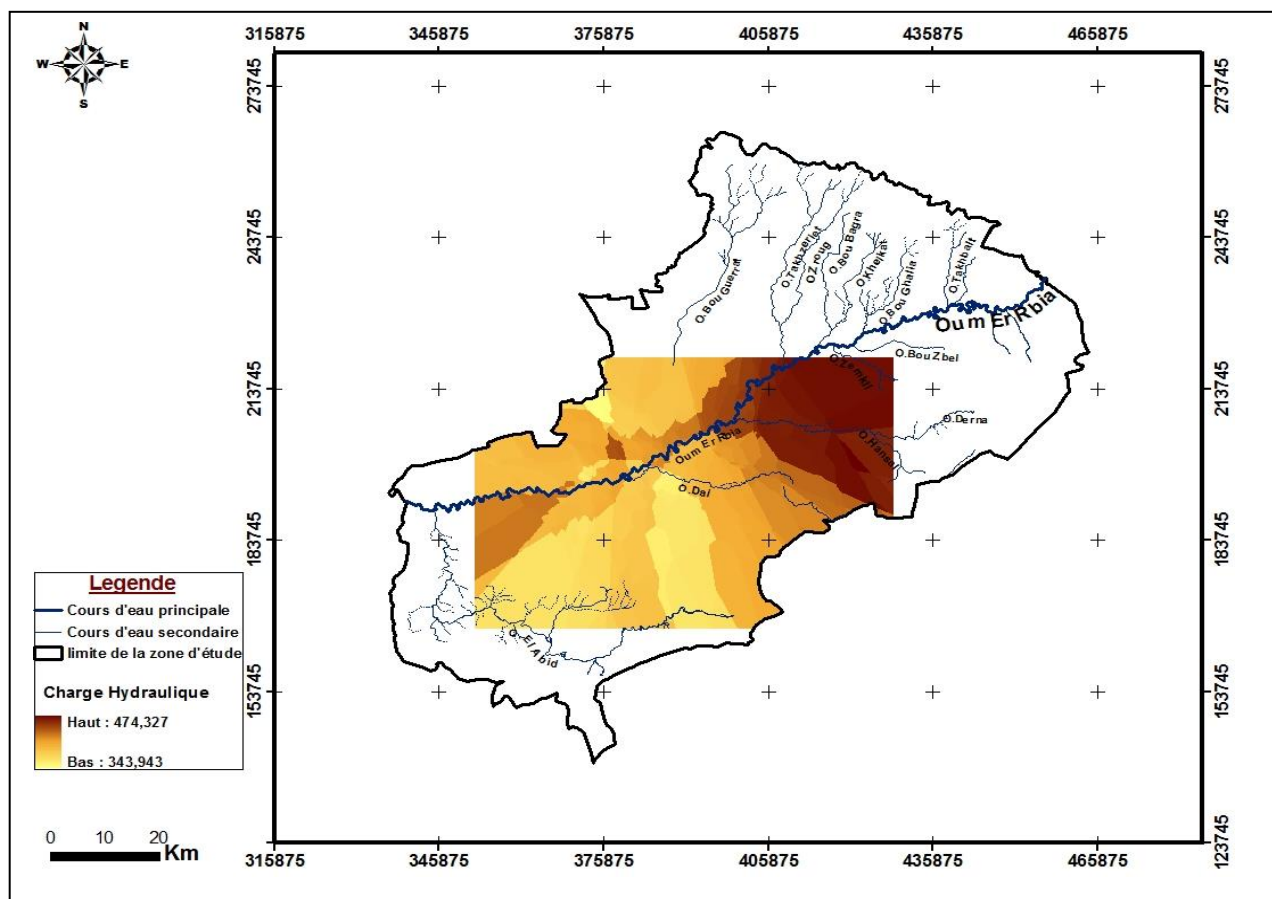


Figure 17 : carte piézométrique de la zone d'étude (Arioua, 2013)

D'après la carte piézométrique, le sens d'écoulement des eaux souterraines s'effectue grossièrement de l'Est vers l'Ouest dans le périmètre de Béni Moussa et du Nord vers le Sud dans le périmètre de Béni Amir.

IX. CADRE SOCIOECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

1) La démographie

D'après les statistiques et les prévisions étudiées par ABHOER, en 2004 la zone de notre étude regroupe une population estimée à 415 318 habitants. Le tableau suivant montre la population projetée dans la zone d'étude jusqu'au 2020.

Tableau 7 : démographie de la zone d'étude (Arioua, 2013)

Communes	Taux d'accroissement	Population 2004	Population projetée			
			2005	2010	2015	2020
Béni Mellal	0,0154	163 286	165 793	178 915	193 076	208 358
F B Salah	0,0154	82446	83716	90364	97540	105286
Bradiaa	0,0158	6 564	6 668	7 212	7 800	8 437
Dar Ouled Zidouh	0,0195	9 821	10 013	11 029	12 149	13 383
El Ksaiba	0,0187	18 481	18 827	20 654	22 659	24 859
Kasba Tadla	0,0112	40 898	41 358	43 737	46 253	48 913
Od Ayad	0,0125	21 466	21 734	23 127	24 610	26 187
Od mbarek	0,0155	11 906	12 090	13 054	14 096	15 220
Od Yaiche	0,0229	7 692	7 868	8 813	9 870	11 054
S.Sebt Od Nemma	0,0238	51 049	52 265	58 796	66 142	74 406
Sidi Jabber	0,0020	4 693	4 703	4 751	4 800	4 849
Zaouiat Cheikh	0,0133	22 728	23 031	25 686	26 437	28 238
Boujaad	0,0197	40 513	41 313	45 553	50 229	55 386
Afourar	0,0043	11 898	11 949	12 206	12 469	12 737
Bzou	0,0339	4 323	4 470	5 281	6 239	7 371

La formule utilisée pour le calcul des projections est la suivante :

$$P_n = P_0(1+T_a)^{(A_n-A_0)}$$

- Soit :
- P_n, la population projetée ;
 - P₀, la population de référence ;
 - T_a, Taux d'accroissement;
 - A_n, l'année identifiée pour la projection ;
 - A₀, l'année de référence.

2) L'économie

L'économie de la zone d'étude en général, se base sur l'agriculture (Olives, céréales, Betteraves à sucre, Agrumes ...) mais elle tend vers l'industrie agroalimentaire dont les unités sucrières (SUTA, SUNAT) qui se basent sur la culture de betterave occupant des superficies importantes, les laiteries (Jibal, Centrale laitière, Halib biladi) et les huileries modernes et traditionnelles.

3) Sources de pollution liquide

Les principales sources de pollution liquide dans notre zone d'étude sont dues principalement aux rejets d'eaux usées urbaines et industrielles (surtout les margines) et à l'activité agricole notamment l'utilisation des fertilisants et des pesticides. L'effet direct ou indirect de ces différentes sources de pollution se traduit par la dégradation de la qualité des ressources en eau souterraines et superficielles.

3.1) Pollution industrielle

Les principales sources de pollution industrielle sont implantées sur la nappe de Béni Amir et dans celle de Béni Moussa. Les conserveries, les huileries et les centrales laitières ont surtout un impact sur l'augmentation des taux des nitrates et les matières organiques.

a) Les huileries

La région de Tadla-Azilal connu par une production importante de 120.000 tonne/an d'huiles d'olive (**ABHOER, 2013**); ces arbres s'étendent sur une superficie de 49.850 hectares mais cette production contribue des rejets néfastes appelés margines. Ces derniers constituent une contrainte environnementale mettant en péril les ressources en eau par pollution déversée à l'état brut dans les cours d'eau, le sol, les nappes phréatiques et dans le réseau public d'assainissement. Ce qui provoque de sérieux problèmes environnementaux via la charge polluante importante de ces rejets huiliers. Une portion de 50 à 70% des margines proviennent de résidu d'olives, le reste étant constitué d'eau utilisée pendant la trituration. Le déversement des margines en grandes quantités directement dans les oueds cause une augmentation de la DBO₅ et une diminution de la teneur en oxygène dissous. La capacité d'auto-épuration de l'oued OER peut être ainsi réduite. Conjugué aux effets de la salinité des margines, toute vie aquatique s'en trouve totalement inhibée. Les caractéristiques physico-chimiques des margines sont comme suit : (**ABHOER, 2001**)

- Une forte acidité avec un pH variant entre 4.5 et 5.5 ;
- Une charge organique extrêmement élevée avec une concentration de DBO₅ allant de 45 à 50kgO₂/m³ et de DCO allant de 100 à 220 kg/m³.
- Une forte charge saline (8 à 10g/l) causée par l'ajout de sel lors des processus de trituration.

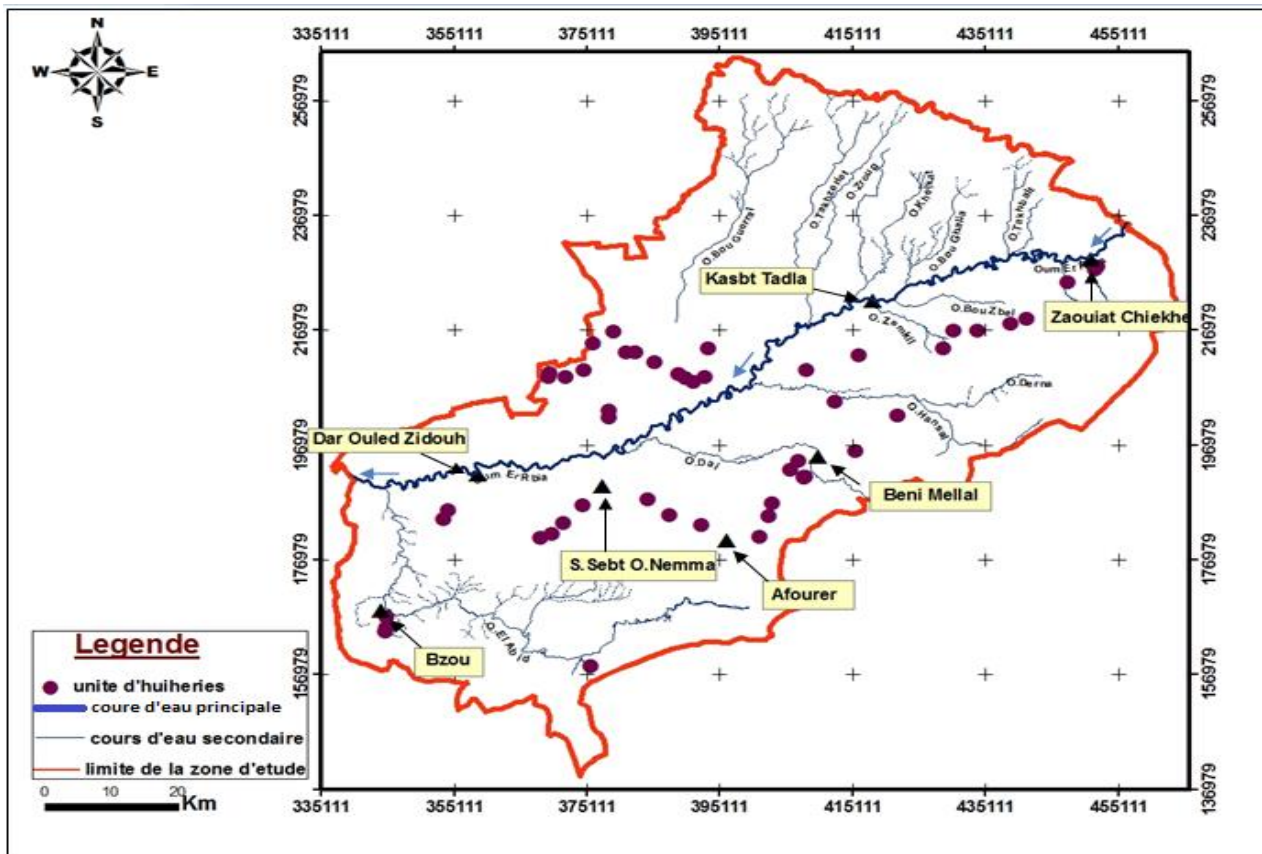


Figure 18 : carte des huileries de la zone d'étude (ABHOER, 2005)

Le tableau suivant indique les milieux récepteurs menacés par les margines rejetés dans chaque commune :

Tableau 8 : les milieux hydrauliques menacés (ABHOER, 2005)

Communes	Cours d'eau menacés	Nappes menacés
Dir El Ksiba	• Oued Oum Er Bia, Oued Bouzbel et Oued Ousfrou	Turonien Tadla
Kesba Tadla	• Oued Zemkil	Turonien Tadla
Ahl Merbaa	• Oued Oum Er Bia	
Bradia	• Oued Oum Er Bia	Béni Moussa et Beni Amir
Ouled Zmmam	• Oued Oum Er Bia	Beni Amir
Oulad Yaich	• Oued Day	Dir
Ville de Béni Mellal	• Oued day	Turonien Tadla et dir

Les volumes de rejets liquides des huileries par commune de la région d'étude sont montrés par la figure suivante :

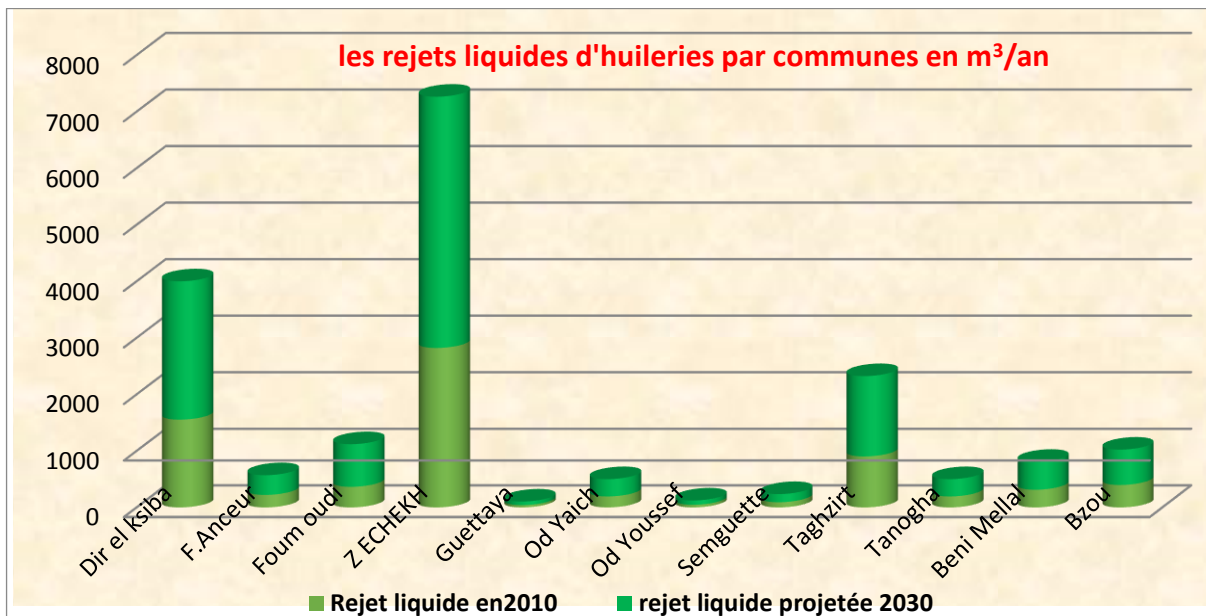


Figure 19 : rejets liquides des huileries dans la zone d'étude (ABHOER, 2010)

b) Les sucreries :

Les sucreries : SUTA située à Souk Sebt et SUNAT à Oulad Ayad produisent du sucre brut via le traitement de betterave. En général, ce type d'usines rejette des déchets organiques.

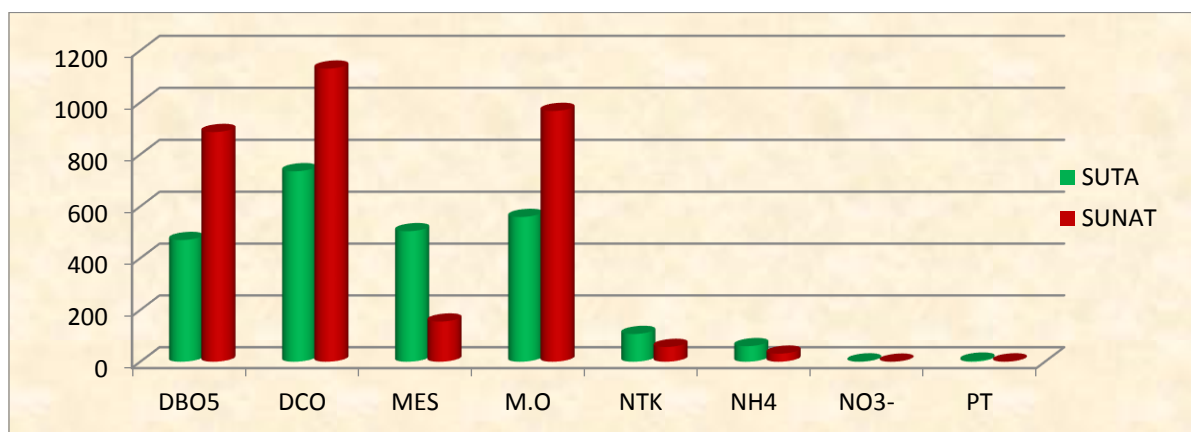


Figure 20 : quantités moyennes de matières polluantes rejetées par les sucreries (ABHOER, 2005)

Les paramètres mesurés indiquent que la pollution est très importante ceci est justifié par la teneur élevée en DCO, DBO₅ qui dépasse les normes admissibles au niveau des deux unités sans oublier l'augmentation des MES dans les rejets de SUTA.

c) Les laiteries

Trois laiteries sont en activité dans l'aire de l'étude : Centrale laitière, Halib Biladi (Laiterie fromage de Tadla) et Jibal. Les rejets liquides sont estimés à 40 m³/j au niveau de Halib Biladi et varient entre 300 et 700 m³/j pour la centrale laitière.

La caractéristique principale des rejets de cette industrie est la valeur élevée en DCO, il faut signaler également la concentration non négligeable en azote et en coliformes fécaux.

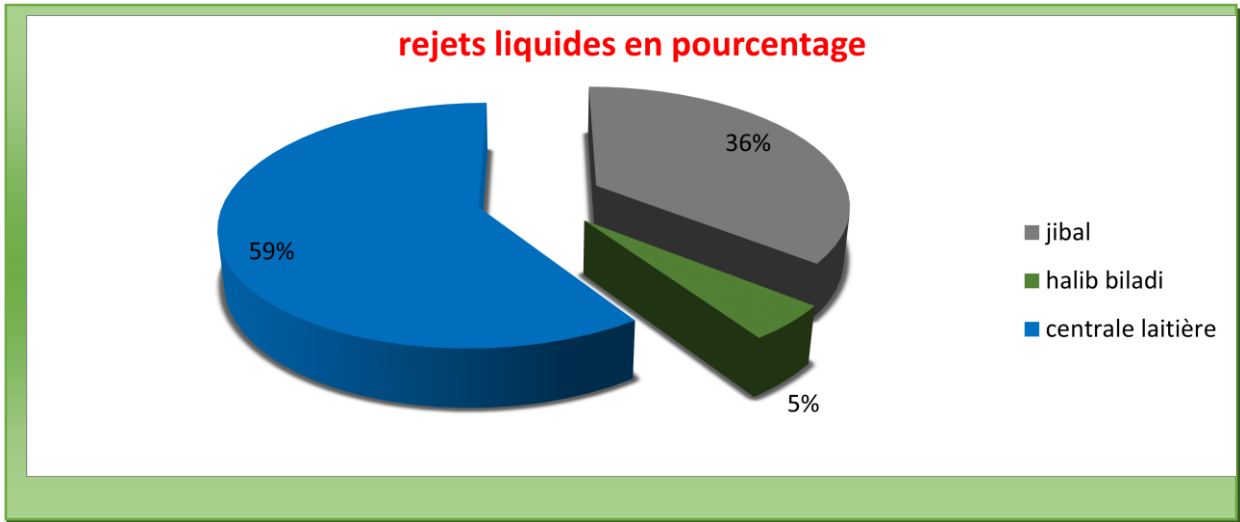


Figure 21 : rejets liquides des laiteries qui se situent dans la zone d'étude (ABHOER, 2005)

3.2) Pollution domestique

La pollution domestique reste la source la plus dégradante des réseaux hydrauliques qui a un impact considérable sur la qualité de l'eau, la santé des populations, la faune et la flore... etc.

a) Principaux rejets domestiques de la région d'étude

La situation des centres où se localisent les points de rejets sont tous à une distance inférieure ou égale à 2 Km des cours d'eau. Ces derniers reçoivent chaque jour une grande quantité d'eaux usées brutes ce qui résulte une pollution dommageable de la zone d'étude.

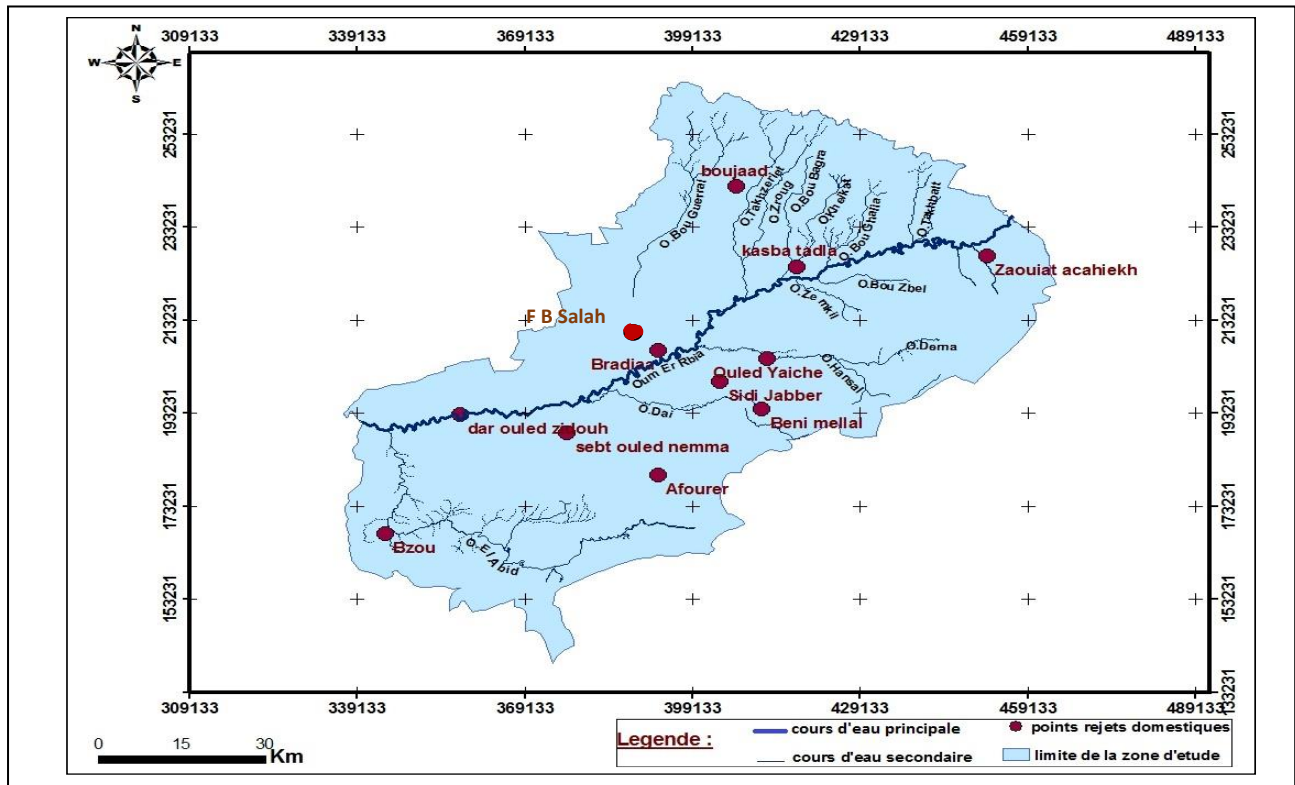


Figure 22 : Carte des principaux rejets domestiques de la région d'étude (Arioua, 2013)

Les centres et les villes de la zone d'étude rejettent les eaux usées, sans aucun traitement préalable, dans les milieux récepteurs suivants :

Tableau 9 : milieux récepteurs des rejets d'eaux usées (Arioua, 2013)

Ville	milieu récepteur des eaux usées	Impact négatif
Béni Mellal	Station d'épuration entrain de reconstruction vers Oued Day (affluent d'OER)	sur les eaux de surface pas d'impact si la station en service
Bradiaa	Talweg (affluent d'OER)	sur les eaux de surface
F B Saleh	Epanchage en sol	sur les eaux souterraines
Dar Ouled Zidouh	(Oued Oum Er Rbia)	sur les eaux de surface
El Ksaiba	Oued bouzbel (affluent d'OER)	sur les eaux de surface
Kasba Tadla	(Oued Oum Er Rbia)	sur les eaux de surface
Od Ayad	Drain (affluent d'OER)	sur les eaux souterraines
Od Yaiche	Oued Derna (affluent d'OER)	sur les eaux de surface
S.Sebt Ouled Nemma	Drain (affluent d'OER)	sur les eaux de surface
Afourar	Epanchage en sol	sur les eaux souterraines
Bzou	Oued Alabid (affluent d'OER)	sur les eaux de surface
Sidi jabber	Drain (affluent d'OER)	sur les eaux souterraines
Zaouiat cheikh	Oued OER	Pas d'impact négatif
Boujaad	Drain vers Station d'épuration	Pas d'impact négatif

b) L'assainissement au niveau de la zone d'étude

L'assainissement liquide dans la préfecture de Béni Mellal et les autres communes se limite à des réseaux anciens dans quelques centres ne couvrant pas la totalité des plans d'urbanismes et où les eaux usées sont rejetés dans la nature sans aucun traitement préalable. Dans le milieu rural, généralement, la population est desservie par des fosses septiques sauvages.

Tableau 10 : taux de raccordement du réseau d'assainissement de la zone d'étude (ABHOER, 2005)

Ville	Consommation en eau potable (m ³ /hab/an)	Projection de taux de raccordement (%)				Type de réseau
		2005	2010	2015	2020	
Béni Mellal	30	85	90	93	95	Unitaire
F B Salah	30	85	90	93	95	Unitaire
Bradiaa	33	82	85	88	90	Unitaire
Dar od zidouh	20	87	90	93	95	Unitaire
El ksaiba	26	85	90	93	95	Unitaire
Kasba tadla	35	80	85	90	95	Unitaire
Ouled ayad	16	82	85	88	90	Unitaire
Ouled mbark	17	35	50	60	75	Neant
Ouled yaiche	21	35	50	60	75	±Séparatif
S.Sebt od Nemma	26	80	85	90	95	Unitaire
Sidi jabber	32	35	50	60	75	Unitaire
Zaouiat cheikh	26	98	100	100	100	±Séparatif
Boujaad	26	98	100	100	100	Unitaire
Afourar	28	87	90	93	95	Unitaire
Bzou	26	80	85	90	95	Unitaire

La projection de pourcentage de raccordement n'est pas encore atteint 100 %, ce retard nécessite un programme pour la réalisation des travaux d'assainissement associe à l'instauration d'une station d'épuration des eaux usées convenable.

c) Projection de la production des eaux usées domestiques

L'estimation des rejets domestiques a été établie sur la base de la formule suivante :

$$EUD = CU * Pop * TR * CRE$$

Avec : EUD : Eaux usées domestiques (m³/an)

CU : Consommation unitaire en eau potable (m³/hab/an)

Pop : Population de l'année concernée (déduite à partir des projections démographiques)

TR : Taux de raccordement

CRE : Coefficient de retour à l'égout considéré égale à 0,85.

Tableau 11 : volumes de rejets domestiques dans la zone d'étude (Arioua, 2013)

Centres	Rejets domestiques en m ³ /an			
	2005	Rejets domestiques projetés		
		2010	2015	2020
Béni Mellal	3628779	4146351	4623686	5096956
Fkih Ben Salah	1814544	2073853	2313161	2550553
Had Bradiaa	151781	170171	190552	210784
Dar Ouled Zidouh	148297	168986	192348	216433
El Ksaiba	352676	409673	464425	520469
Kasba Tadla	988620	1110828	1243824	1388445
Oulad Ayad	240040	264770	291683	317432
Oulad mbarek	62397	96248	124710	168321
Oulad Yaïche	48635	77816	104585	146420
Souk Sebt Ouled Nemma	934593	1117076	1330569	1579972
Sidi Jabber	45361	65468	79369	100231
Zaouiat Cheikh	498823	509003	509003	509003
Boujaad	903767	1016878	1121262	1236361
Afourar	244566	258444	272806	284669
Bzou	77520	97312	121734	151815

La projection des eaux usées augmente annuellement avec le développement démographique; la ville de Béni Mellal est le premier centre pollueur dans cette zone du fait que son volume total d'eaux usées rejeté a été estimé à 4146351 m³/an en 2010 suivi par Souk Sebt à 1117076 m³/an et K. Tadla à 1110828 m³/an.

Cet énorme débit d'eaux usées rejeté par l'ensemble de ces centres et villes en général, se jette directement dans l'oued Om Er Rbia ou dans ses affluents sans aucun traitement préalable. Ce qui menace gravement la qualité des milieux récepteurs (cours d'eau, nappe ou sol).

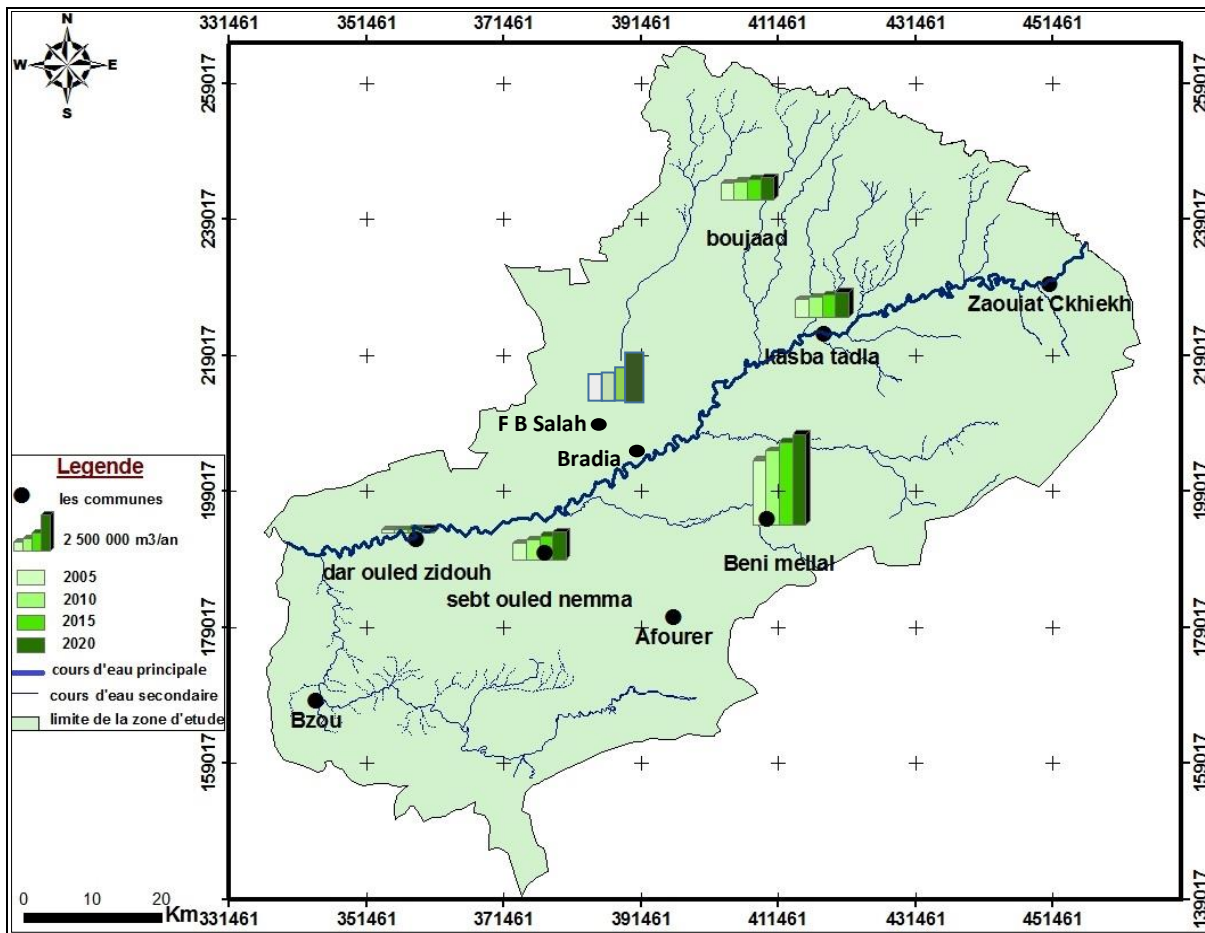


Figure 23 : rejets domestiques projetés des villes les plus polluées de la zone d'étude (Arioua, 2013)

d) Station d'épuration

La solution la plus efficace pour se débarrasser du problème d'eaux usées brutes c'est l'installation des stations d'épurations à la sortie de chaque ville ou centre de la région d'étude.

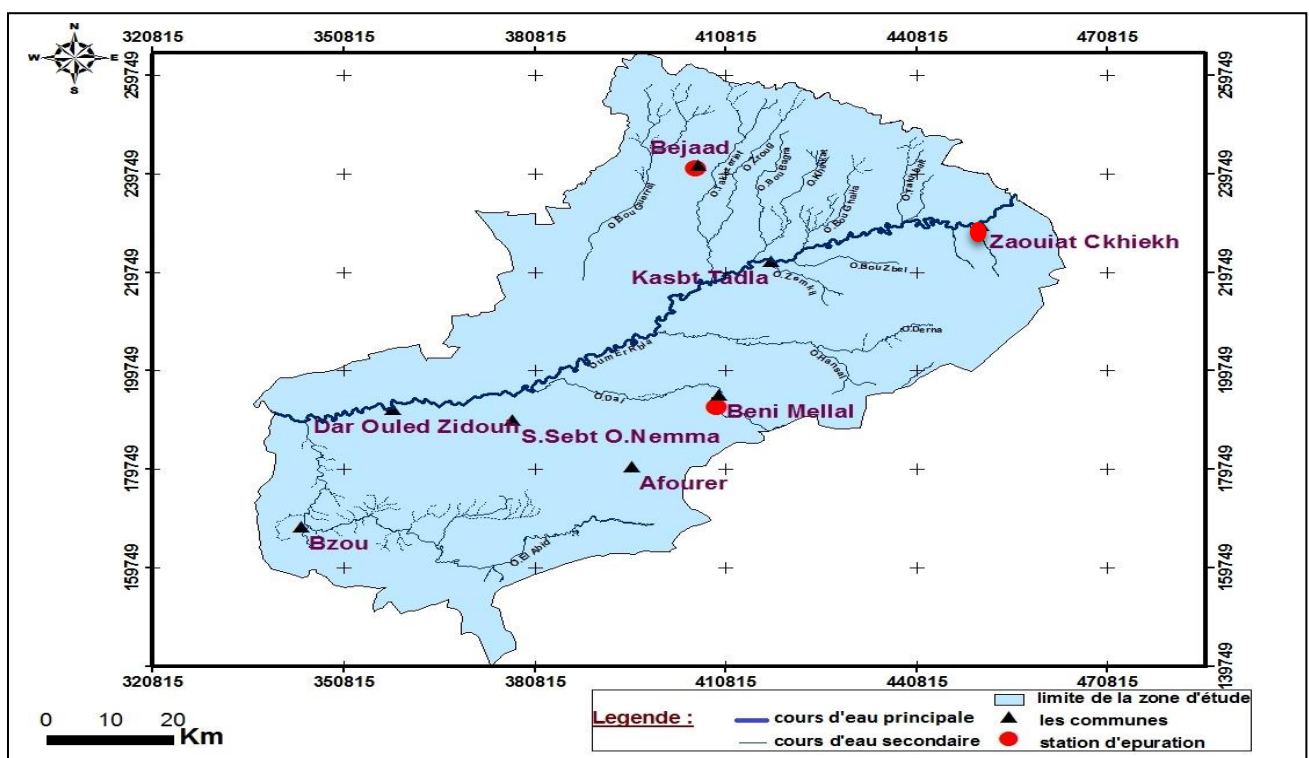


Figure 24 : Carte des stations d'épuration de la zone d'étude (Arioua, 2013)

Devant cette situation critique, on note seulement deux stations d'épuration d'eaux usées: celle de Béni Mellal qui était au paravent de type boues activées très coûteuses. Mais actuellement les travaux sont entrain de la transformer en station hybride moins coûteuse et plus efficace (moitié boues activées et moitié lagunage). Par contre la station de Boujaâd est de type lagunage.

Tableau 12 : stations d'épuration identifiées dans la zone d'étude (Arioua, 2013)

Ville	ANNEE	Type de station	Station d'épuration
Béni Mellal	1992	Boues activées	Non raccordée (en état de reconstruction pour devenir moitié lagunage)
Boujaâd	2008	lagunage	fonctionnelle
Zaouiat Cheikh	2010	lagunage	fonctionnelle

e) Réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux épurées consiste à utiliser les eaux épurées en sortie de la station d'épuration à but généralement d'arrosage.

L'utilisation des eaux usées brutes pour une irrigation de cultures ou d'espaces verts peut engendrer un risque sanitaire. En effet, ces eaux transportent des pollutions qui provoquent des problèmes concernant la santé publique, la conservation des sols et de protection de l'environnement. Des problèmes sanitaires et de pollutions des nappes phréatiques peuvent être causés suite à l'irrigation par des eaux usées brutes. Si, beaucoup de constituants d'eaux usées (microorganismes pathogènes, métaux lourds, micropolluants organiques) sont des sources d'inconvénients, d'autres (matière organique, azote, phosphore, potassium) contribuent à la fertilisation des sols.

Parfois, on trouve certains éléments qui peuvent jouer d'autres rôles, selon leur concentration, par exemple, l'azote qui est un fertilisant indispensable, mais trop concentré, il contribue à la pollution des nappes phréatiques. C'est pour cela que chaque projet de réutilisation nécessite une étude profonde pour tenir compte la qualité de l'eau utilisée.

1.3) Pollution agricole

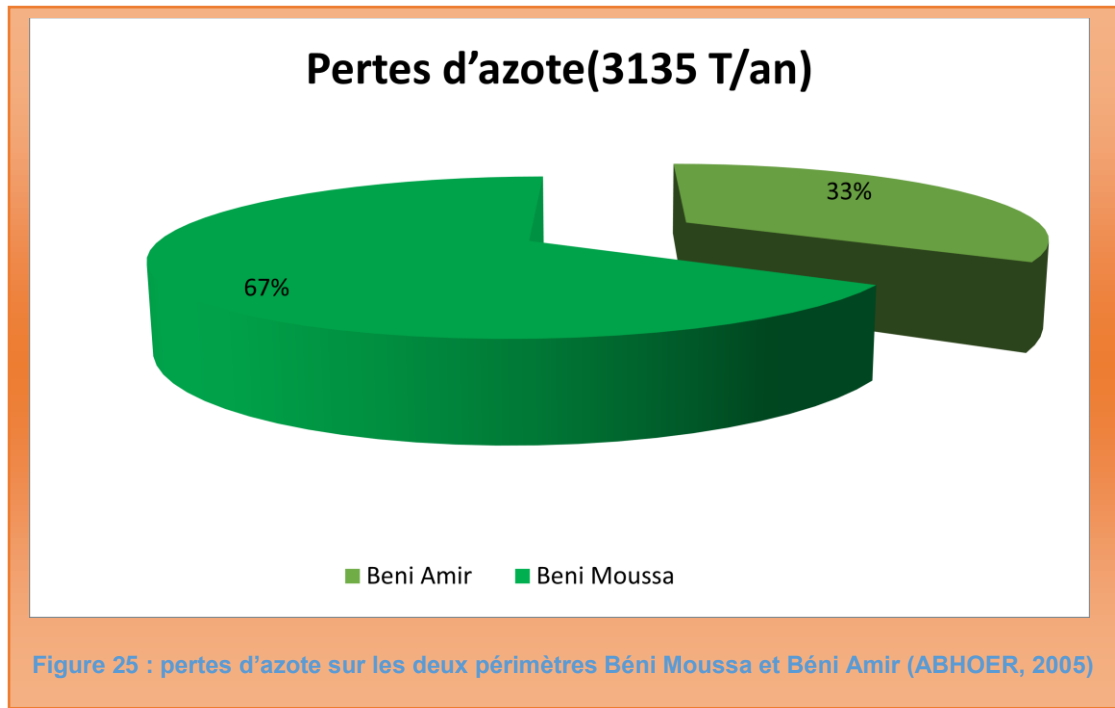
Les zones agricoles irriguées occupent une grande importance au niveau de la région de Tadla Azilal, elles jouent un rôle considérable dans l'économie nationale. Elles représentent aussi un potentiel polluant non négligeable à cause de l'utilisation intensive des engrais et des pesticides ce qui contribue à une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines.

Les principales origines de la pollution agricole sont :

- _ La concentration des élevages qui donne un excédent de déjections animales ; celles-ci s'évacuent dans les cours d'eau et les nappes souterraines ; elles constituent une source de pollution bactériologique;
- _ Les engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux;

_ Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques.

Au niveau du bassin d'Om Er-Rbia, la pollution agricole a un impact négatif sur les ressources en eau souterraines. Les mesures effectuées sur le réseau de contrôle de l'ABHOER ont montré des teneurs importantes en azote lessivée vers les cours d'eau est évaluée à environ 10%; ainsi environ 3135 tonnes par an de nitrates provenant des engrais parviennent à la nappe de Tadla par lessivage. La pollution due aux pesticides a été estimée à 2,2 tonne par an.



L'utilisation massive d'intrants (engrais, pesticides) et le drainage agricole entraîne l'enrichissement des eaux en matières nutritives. La pollution générée par ces intrants est évaluée à 1050 T/an pour Béni Amir et 2085T/an pour Béni Moussa ce qui fait que la qualité des eaux de surface ou souterraines se dégrade d'une année à une autre et par la suite on assiste à un phénomène d'eutrophisation remarqué avec acuité dans les retenues des barrages (barrage Al massira à titre d'exemple).

4) Pollution solide

L'augmentation des déchets solides est due non seulement à la croissance régulière du nombre d'habitants, mais aussi aux changements des modes de production et de consommation. Les décharges non contrôlées ainsi que certains sites d'accumulation des déchets représentent un danger dégradant les ressources en eau superficielle mais surtout souterraine par des germes pathogènes et des métaux lourds qui peuvent atteindre les nappes par infiltration du lixiviat.

La carte suivante indique les décharges publiques situant dans la zone d'étude:

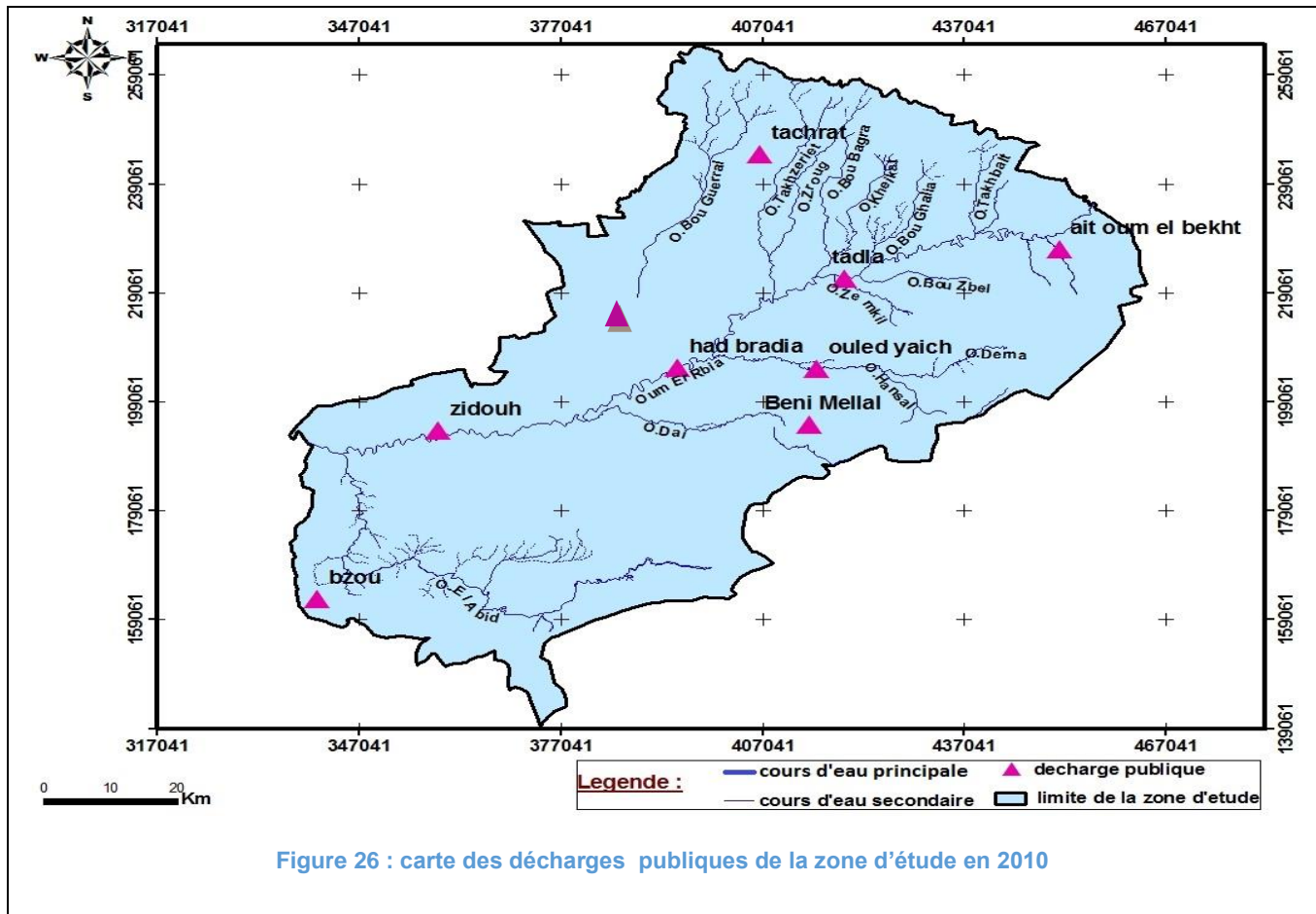


Figure 26 : carte des décharges publiques de la zone d'étude en 2010

Les distances entre les cours d'eaux et les centres sont un peu éloignées à l'exception d'Ouled Yaich où la décharge est implantée dans le lit de l'oued Derna. Ceci, entraîne une contamination directe des eaux superficielles avant les eaux souterraines. Ce geste irresponsable se déroulerait en absence d'aucune intervention des autorités pour essayer d'éliminer les dégâts tout en choisissant une solution à court terme.

Tableau 13 : décharges publiques de la zone d'étude en état 2010 (ABHOER)

Centre	Type de la décharge	Distance (m)	Milieu récepteur (Cours d'eau)	Zone de dépôt	Nature du sous sol	Etat de saturation (%)
Béni Mellal	Sauvage	5000	Oued Day	Talweg	Perméable	70
F B Salah	Sauvage	4000	Oued Bouguerral	Talweg	perméable	50
Zaouiat cheikhe	Sauvage	300	Oued Oum Er Rbia	Terrain vague	Non perméable	60
Kasba tadla	Sauvage	3000	Oued Oum Er Rbia	Talweg	Perméable	-
Boujaad	Sauvage		-	Terrain vague	Non perméable	30
Ouled ayad	Sauvage		-	-	-	-
Had Bradia	Sauvage	300	Oued Oum Er Rbia	Terrain vague	Perméable	20
Dar ouled zidouh	Sauvage	150	Oued Oum Er Rbia	Terrain vague	Perméable	10
Bzou	Sauvage	3500		Ancienne carrière	Peu perméable	50
El Ksiba	Sauvage	-	-	Terrain vague	Peu perméable	-
Sidi Jaber	Sauvage		-	Terrain vague	Perméable	-
Afourar	sauvage			Puits	Peu perméable	90
Olad Yaich	Sauvage	0	Oued Derna	-	perméable	-

La projection de la quantité des déchets est effectuée selon la relation suivante :

$$Q_{Ai} = Q_0 (1+T_c)^{(Ai-A_0)}$$

Q_{Ai} : Quantité des déchets en T/an de l'année A_i (année de projection)

Q_0 : Quantité de déchets en T/an correspondant à l'année de référence A_0 .

T_c : Taux de croissance annuel moyen retenu (1,1%).

D'après la figure ci-dessous, la quantité de déchets collectés produite par le groupe de Béni Mellal est estimée à 131T/j en 2010, le groupe de Tadla à 42T/j et celle de S. Sebt a été estimée à 57T/j, cette quantité augmente en fonction de la démographie et selon le mode de vie de la population.

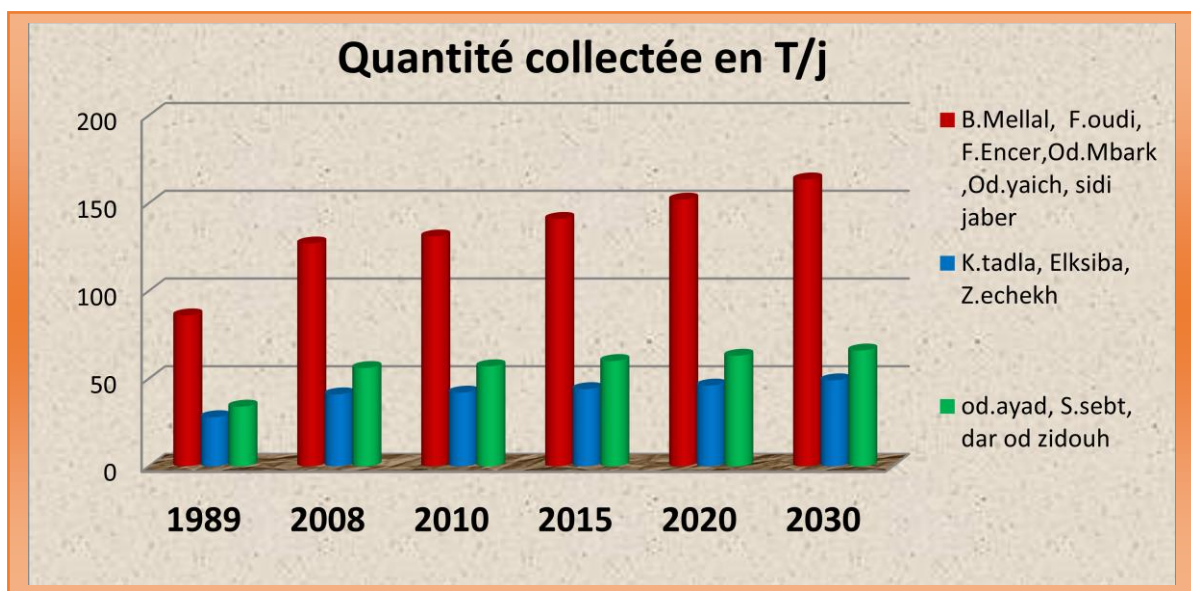


Figure 27 : quantités de déchets collectées en T/j et par groupe de centres de la zone d'étude (Arioua, 2013)

Cette quantité de déchets journalière représente un danger pour la santé humaine (insectes, gaz toxiques) et pour l'environnement en général (pollution de l'eau, du sol, paysage...).

C'est pour cela, le projet de décharge contrôlée pour l'ensemble des producteurs de la région est une volonté responsable mais elle reste insuffisante pour diminuer les dégâts de ces décharges sauvages.

Chapitre II : IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU

I. IMPACT DE LA POLLUTION SUR LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE

1. Grille de la qualité des eaux superficielles :

Les résultats des analyses des eaux superficielles sont comparés à la grille de qualité des eaux superficielles simplifiée pour avoir une idée sur l'impact sur l'environnement. Les paramètres de cette grille sont ceux relatifs aux indicateurs d'une pollution organique, azotée, phosphorée, et bactérienne.

Tableau 14 : grille simplifiée de la qualité des eaux de surface

Paramètres Qualité	O2 dissous (mgO ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	DCO (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /l)	PT (mgP/l)	CF (UFC/100ml)
Excellente	>7	<3	<20	<0,1	<0,1	<20
Bonne	7-5	3-5	20-25	0,1-0,5	0,1-0,3	20-2000
Moyenne	5-3	5-10	25-40	0,5-2	0,3-0,5	2000-20000
Mauvaise	3-1	10-25	40-80	2-8	0,5-3	>20000
Très mauvaise	<1	>25	>80	>8	>3	*

* Valeur non disponible (ABHOER, 2011)

2. Qualité des eaux de surface dans le bassin versant d'OER

La qualité des eaux de surface, dans le grand bassin versant d'OER, connaît ces dernières années une dégradation catastrophique surtout dans son bassin moyen où elle devient très détériorée.

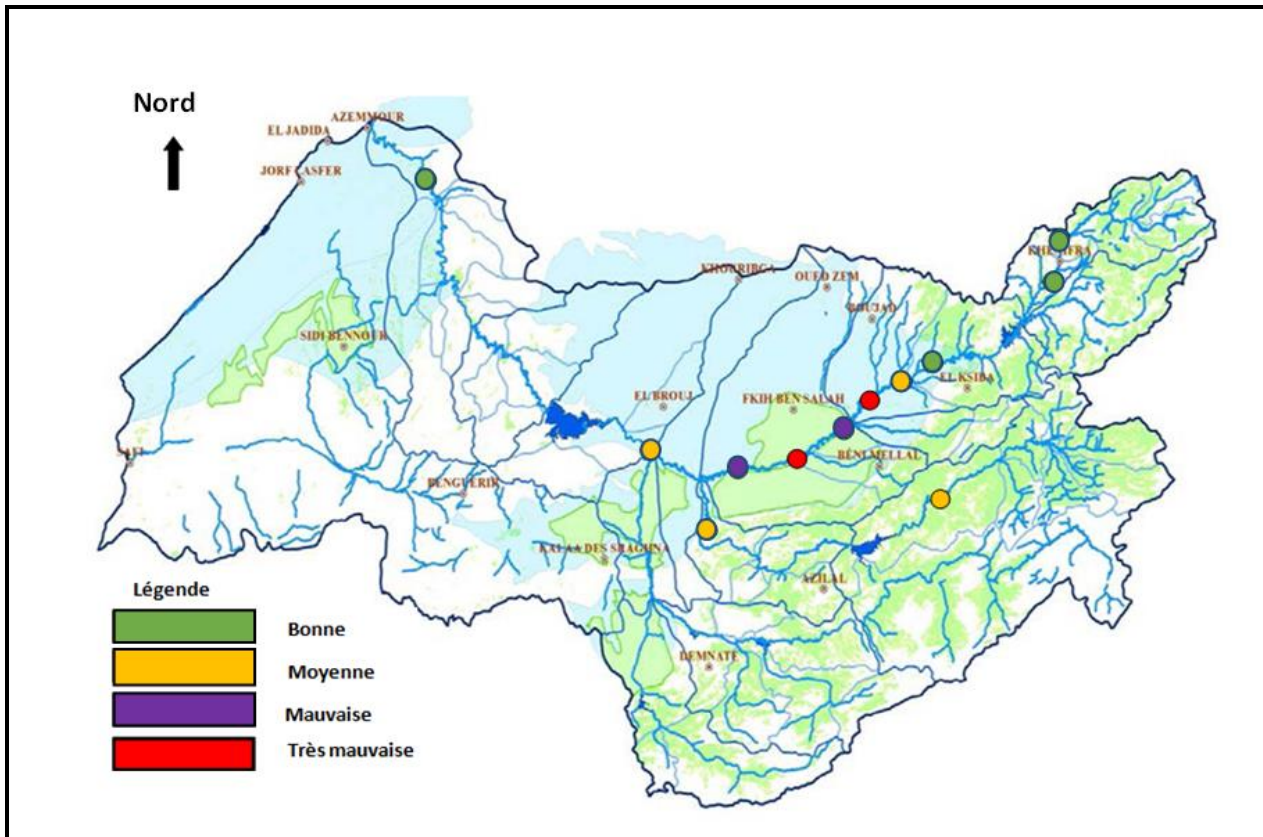


Figure 28 : carte de la qualité des eaux de surface dans le Bassin versant d'OER (Arioua, aout 2014)

3. Qualité des eaux de surface dans la zone d'étude :

Pour avoir une idée sur la qualité des eaux de surface le long de la zone d'étude (bassin moyen d'OER), on a fait appel à des mesures des teneurs de plusieurs paramètres de pollution effectuées le long de l'oued Oum Er Rbia; depuis la station Dchar El oued jusqu'à la station Ouled Sidi Driss. Le SIG nous a aidé à tracer une carte sommaire de la qualité des eaux de surface dans le tronçon d'étude :

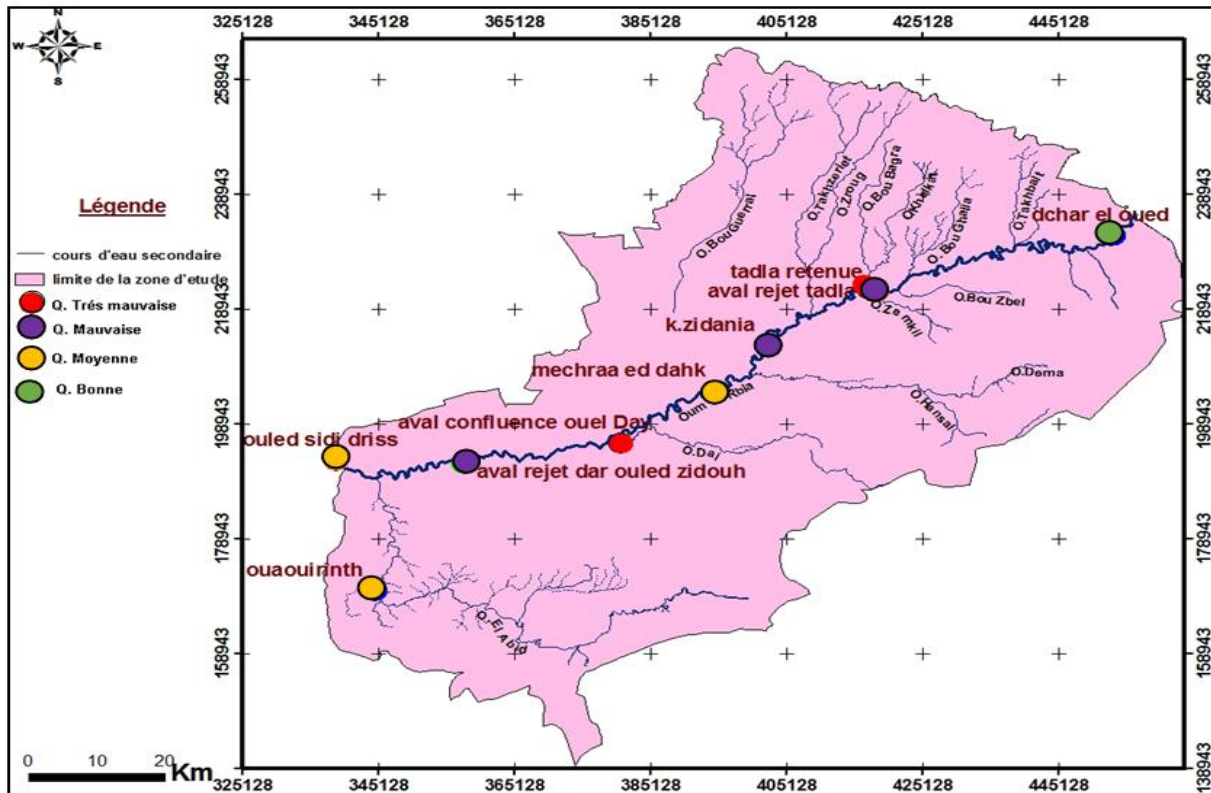


Figure 29 : carte de la qualité des eaux de surface dans la zone d'étude (Arioua, aout 2014)

La qualité de l'eau de l'oued Oum Er-Rbia au niveau du tronçon d'étude varie entre la catégorie très mauvaise et moyenne. Les stations qui sont caractérisées par une mauvaise à très mauvaise qualité sont : aval retenue de K Tadla, K. Zidania, aval confluence oued Day avec OER et aval Dar Ould Zidouh dont les eaux usées se rejettent dans l'oued, sans aucun traitement préalable. Les stations de moyenne qualité sont : Mechraâ Eddahk et aval point de confluence d'oued OER avec celui d'Al Abid (station sidi Driss).

En effet, les charges polluantes rejetées directement ou indirectement, par les centres et villes de la région dans le l'oued OER, dégradent la qualité des eaux de ce dernier. La situation est très critique surtout en aval de la retenue de K Tadla car les eaux usées de Kasba Tadla se jettent d'une façon brute directement dans l'oued Oum Er Rbia. Et du fait que le débit d'eau est faible, le tronçon situé entre K Tadla et K Zidania est devenu comme un égout d'eaux usées.

La même chose se répète en aval du point de confluence d'oued Day avec oued OER ; les eaux usées de Béni Mellal, Si Jabber, Had Bradia, les centres voisins et de Souk es Sebt se jettent dans l'oued sans aucun traitement préalable.

En aval de la confluence de l'oued OER avec oued El Abid, le débit d'eau s'accroît et par la suite son pouvoir auto-épurateur augmente favorisant une dilution des eaux usées.

II. IMPACT DE LA POLLUTION SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

1) Grille de la qualité des eaux souterraines :

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines est faite sur la base de cinq paramètres indicateurs de pollution physico-chimique, organique, azotée et bactérienne, ces paramètres sont:

- la conductivité et les ions chlorures qui nous renseignent sur la qualité minéralogique des eaux,
- les nitrates (NO_3^-), principal indicateur d'une pollution d'eau souterraine,
- l'ion ammonium (NH_4^+) : forme réduite de l'azote,
- matières oxydables (MO) : DBO5, DCO et CO_2 ;
- les coliformes fécaux (CF).

Tableau 15 : grille simplifiée de la qualité des eaux souterraines

Paramètre \ Qualité	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C)	Cl^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NH_4^+ (mg NH_4^+ /l)	MO (mg O_2 /l)	CF (UFC/100ml)
Excellente	<400	<200	<5	$\leq 0,1$	<3	≤ 20
Bonne	400-1300	200-300	5-25	0,1-0,5	3-5	20-2000
Moyenne	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	5-8	2000-20000
Mauvaise	2700-3000	750-1000	50-100	2-8	>8	>20000
Très mauvaise	>3000	>1000	>100	>8	*	*

* Valeur non disponible. (ABHOER, 2011)

2) Qualité des eaux souterraines dans la zone d'étude :

Pour évaluer l'impact de la pollution sur la qualité des eaux souterraines, un réseau de points d'eau a été choisi dans le périmètre de Béni Amir et celui de Béni Moussa à fin de détecter les teneurs des paramètres indicateurs de pollution.

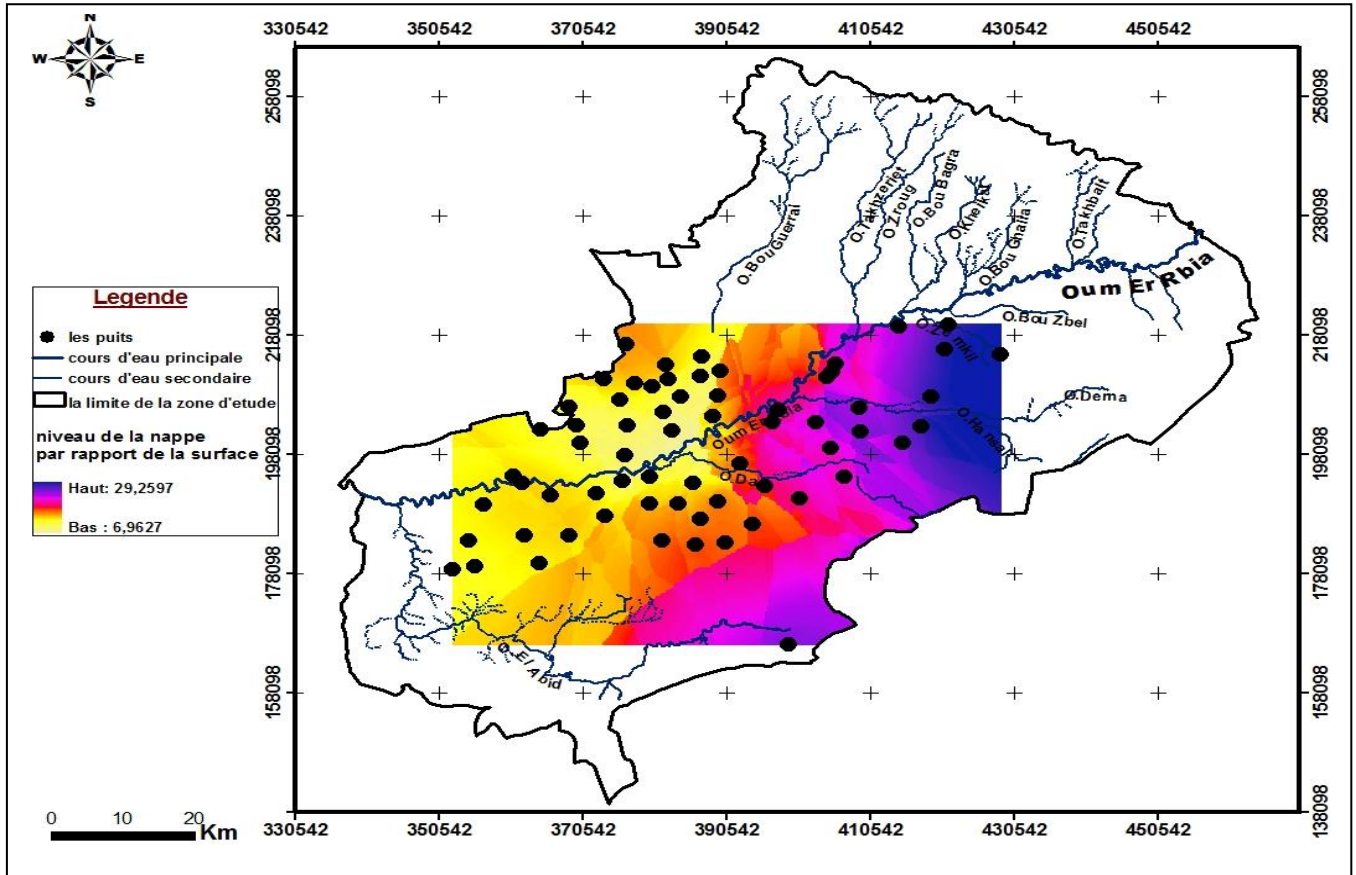


Figure 30 : carte de niveau de la nappe par rapport à la surface dans la plaine du Tadla (Arioua, 2013)

En se basant sur les concentrations des différents paramètres de pollution comparées avec celles des normes, on déduit la qualité globale des puits des deux périmètres et qui a été illustrée par les figures suivantes :

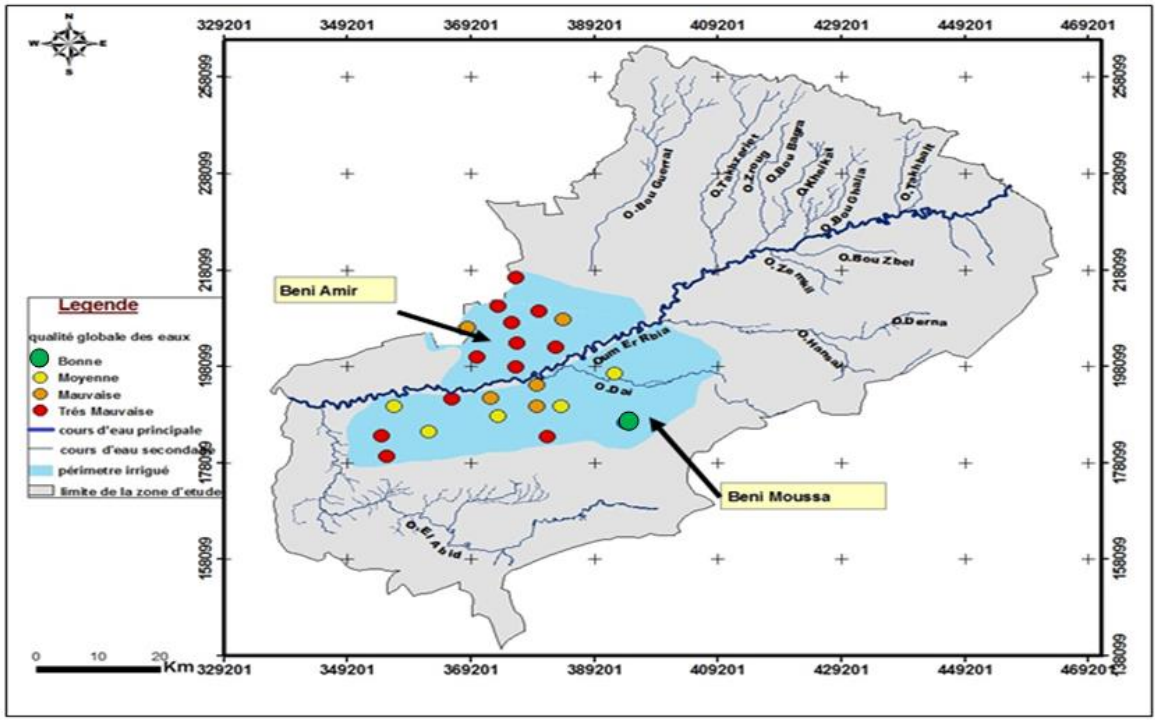


Figure 31 : Qualité globale des nappes de Béni Moussa et de Béni Amir (Arioua, 2013)

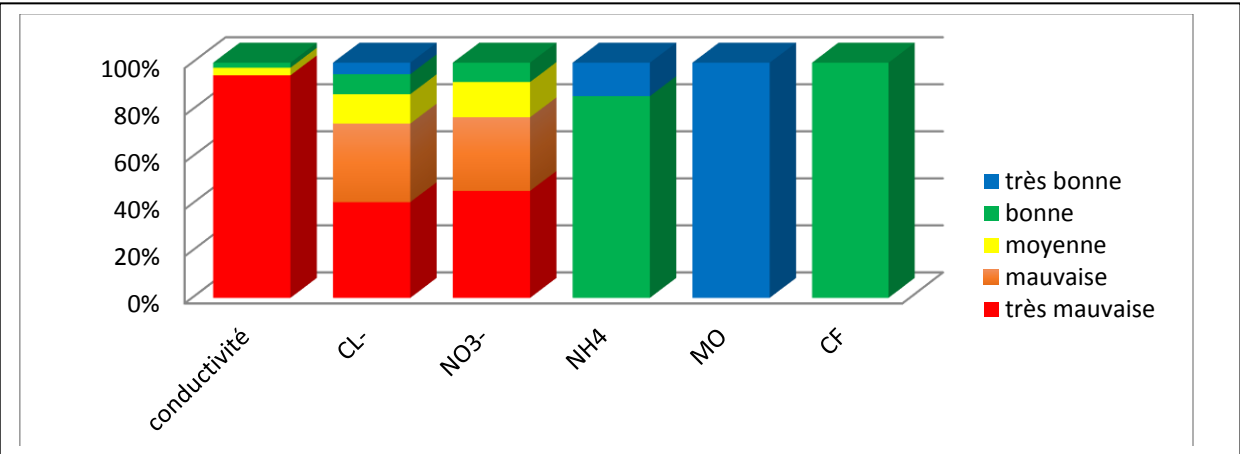


Figure 32 : Synthèse de qualité au niveau de la nappe de Béni Moussa (Arioua, 2013)

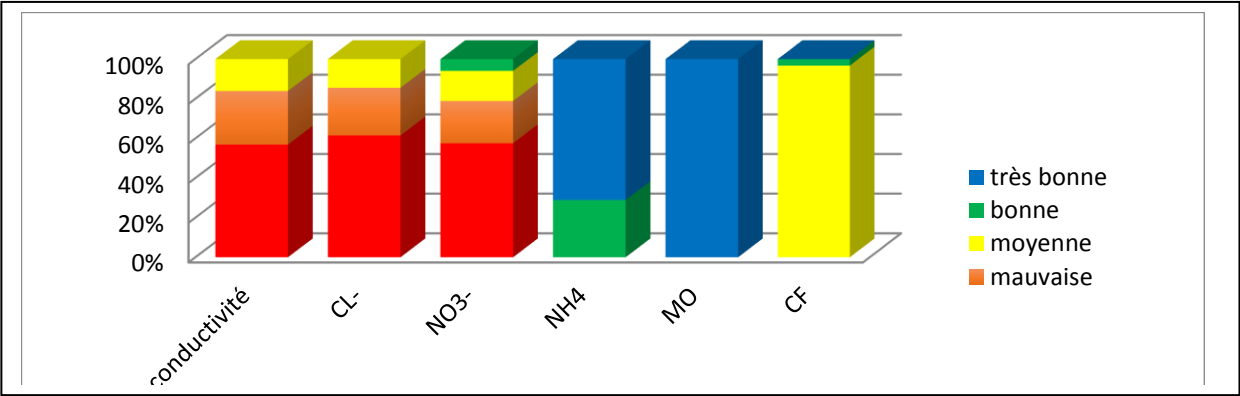


Figure 33 : Synthèse de qualité au niveau de la nappe de Béni Amir (Arioua, 2013)

Les paramètres responsables de cette dégradation sont : la forte minéralisation de ses eaux et la présence de nitrates en teneurs élevées. La nappe la plus minéralisée et celle de Béni Moussa, en outre les teneurs élevées en nitrates ont été enregistrées au niveau de la nappe de Béni Amir.

Alors l'augmentation de nitrates concourait par la forte utilisation des pesticides et des engrais dans l'agriculture se qui pose un grave problème pour la santé des populations rurales utilisant ces puits pour l'alimentation en eau potable. En vue de limiter l'étendue de la contamination par les nitrates et ses effets sur la santé de l'Homme, il est impératif de sensibiliser les agriculteurs et la population aux dégâts causés par ces engrais et d'encourager la lutte biologique contre les herbicides et les insectes.

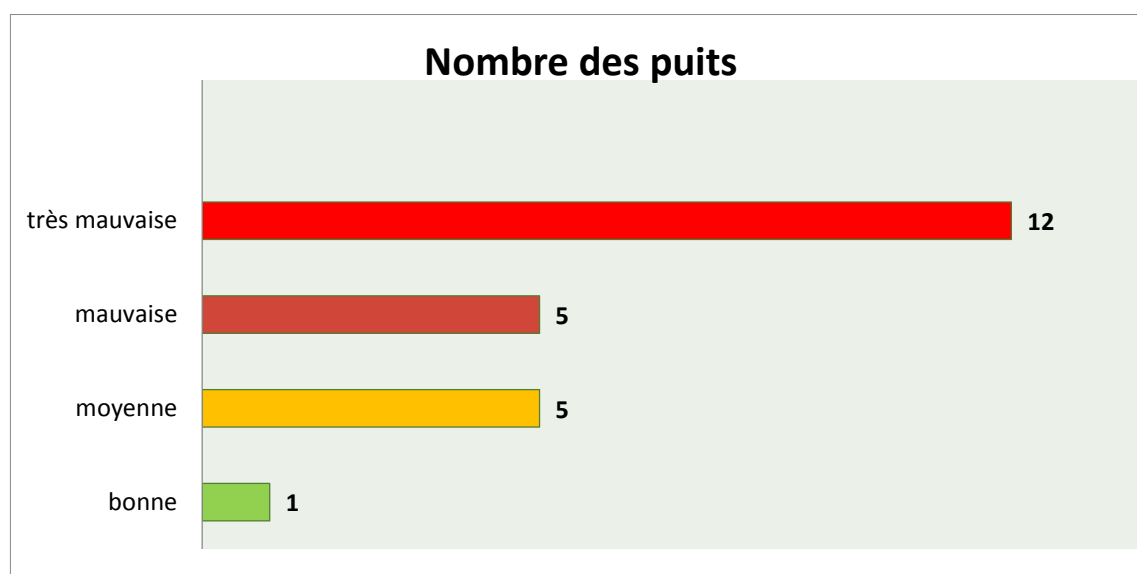


Figure 34 : Pourcentage de qualité globale des puits des deux nappes (Arioua, 2013)

La plupart des puits sont caractérisés par une qualité mauvaise dont les teneurs des paramètres de pollution dépassent les normes de qualité de potabilité fixée à 50mg/l de nitrates. Dans la nappe de Béni Amir, on a déduit que 8 puits parmi 10 ont une qualité très mauvaise. Par contre dans la nappe de Béni Moussa, 4 puits sur 13 sont de qualité très mauvaise. Soit en total, 12 points d'eau sur 23 sont de très mauvaise qualité, 5 sur 23 sont de qualité mauvaise, 5 sur 23 sont moyennes et 1 puits sur 23 de qualité bonne; ce qui présente un danger potentiel pour la santé des populations de la région.

CONCLUSION

A l'issue de ce travail relatif à l'identification des sources de pollution dans la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique d'Oum Er-Rbia, on a exploité un SIG pour délimiter une zone située entre K. Tadla et Dar Ould Zidouh afin d'évaluer l'impact de la pollution sur l'environnement. Cette dernière est caractérisée par une mauvaise qualité des eaux du fait qu'elle recevait toujours plusieurs rejets (domestiques, industriels ou agricoles) sans aucun traitement préalable. Ces charges de pollution rendent ce tronçon le plus dégradé de tout le bassin versant d'Oum Er-Rbia. Ceci est favorisé par le faible débit restant dans le chenal naturel de l'oued car le grand débit a été dévié par la dérivation de Kasba Tadla à des fins agricoles et hydroélectriques. L'application des fonctions du SIG sur la base de données de la région, nous a permis de déduire les conclusions suivantes :

- **Pollution domestique :** Les eaux usées domestiques constituent la principale source de pollution des ressources en eau; le volume total d'eaux usées rejeté par tous les centres de la région a été estimé en 2010 à 9509024 m³/an.
- **Pollution industrielle :** Les eaux usées industrielles constituent la deuxième source de pollution des ressources hydriques. Les unités agroalimentaires (huileries, laiteries, sucreries) sont considérées comme les industries les plus polluantes dans la région. La charge totale des 3 types d'unités industrielles est estimée à 622138 T/an pour les huileries et 306600 m³/an pour les laiteries en 2005. Actuellement ces rejets se jettent à l'état brut dans les talwegs qui s'écoulent directement vers l'oued Oum Er-Rbia.
- **Pollution agricole:** La pollution agricole (charge estimée à 3135 T/an en 2005) engendre une nuisance pour la qualité des eaux de surfaces (eutrophisation) et souterraines. L'utilisation des engrais et des pesticides conduit à une augmentation des nitrates au niveau des nappes tout en dégradant la qualité de leurs eaux qui sont destinées à l'alimentation en eau potable des habitants de la région.

Certainement, en absence du traitement de ces eaux usées, la zone d'étude reçoit continuellement une grande charge polluante qui dégrade la qualité des ressources en eau.

Donc devant cette situation critique et alarmante, il s'est avéré nécessaire de suggérer des recommandations afin d'en tirer des solutions adéquates à cette problématique.

RECOMMANDATIONS

La qualité des eaux dans la zone d'étude est très dégradée aussi bien au niveau des eaux superficielles que souterraines. Donc, devant cette situation critique, il s'est avéré nécessaire de suggérer les recommandations suivantes :

I- Propositions pour la sauvegarde de la qualité de l'eau

1/ Epuration des eaux usées :

Les efforts en matière d'épuration des eaux usées restent très inférieurs aux besoins réels. Ces eaux usées (dont la constitution est de 99% d'eau) doivent être considérées comme une autre ressource non négligeable à mettre en valeur dans un cadre contrôlé.

Notre région connaît un climat aride à semi aride et une disponibilité des espaces; ses conditions sont favorables pour un choix d'un système d'épuration extensif moins cher et simple : c'est le lagunage.

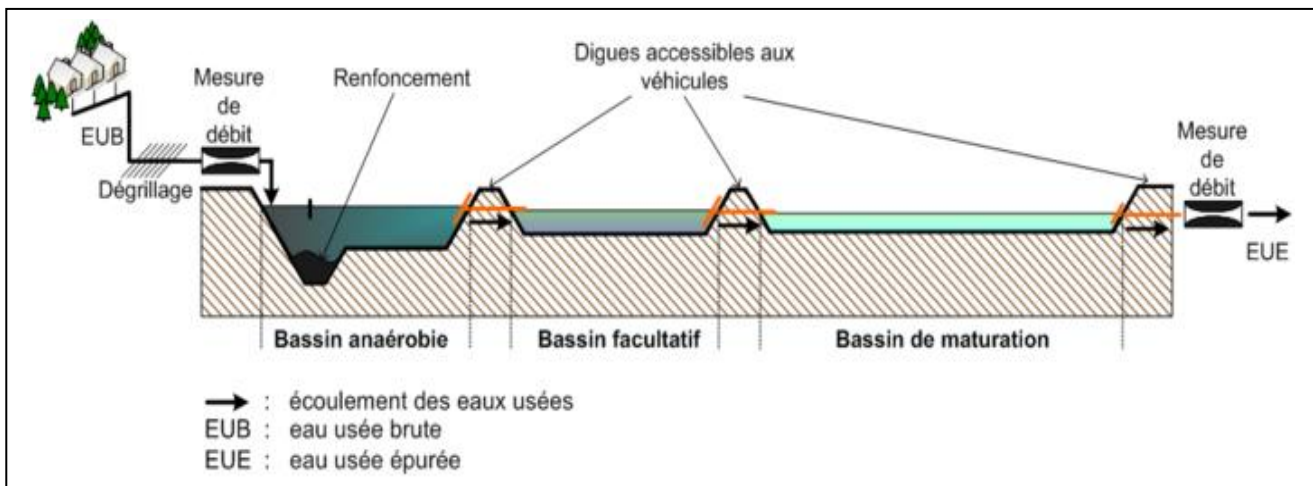


Figure 35 : principe du Système de Lagunage

Si la technique employée pour mettre en place ce genre de système de traitement des eaux usées peut être plus ou moins complexe, le principe reste alors toujours le même. Les eaux vont passer d'une façon gravitaire et successivement dans différents bassins dans lesquels différents organismes interviennent et réagissent afin d'éliminer la charge polluante.

2/ Principaux objectifs de la réutilisation des eaux usées épurées:

- Protection de l'environnement hydrique.
- Economie de l'eau de bonne qualité.
- Création des zones supplémentaires d'irrigation.
- Participation à la création des espaces verts

3/ Propositions contre la pollution industrielle

3-1. Les sucreries

- Installation des stations d'épuration à la sortie de chaque usine pour utiliser ses eaux épurées dans l'irrigation des espaces verts ou autres.
- Adoption des technologies propres qui peuvent réduire l'utilisation de l'eau et par la suite les rejets des stations.

3-2. Les huileries

- L'Arrêt de mise en place des dépôts de margines ;
- Exiger aux grandes huileries de réaliser des bassins de stockage et d'évaporation des margines et aux petites huileries artisanales de réaliser des puits de stockage.

3-3. Les laiteries

- Réalisation d'un bassin tampon pour l'homogénéisation et la neutralisation des effluents.
- Réalisation d'un dégraisseur.
- Récupération systématique des pertes de produit dans les différents ateliers.

II- Propositions contre la pollution générée par les déchets solides

Il y a plusieurs principes de gestion des déchets solides dont l'usage varie selon les régions :

+ **Le Recyclage** : est un procédé par lequel les matériaux qui composent un produit en fin de vie sont réutilisés en tout ou en partie.

+ **Enfouissement** : c'est de faire enterrer et compacter les déchets après avoir les trier et sélectionner la partie recyclable.

+ **L'incinération** : est le processus de destruction d'un matériau en le brûlant.

+ **Compostage**: Le compost est un amendement organique riche en humus qui agit à long terme pour améliorer les propriétés physiques chimiques et biologiques du sol.

+ **Fermentation** : c'est enfermer les déchets biodégradables dans un milieu anoxique pour favoriser la réaction de méthanisation et par la suite production des biogaz en particulier le méthane d'où le nom de méthanisation ou fermentation.

Ces mesures préventives et curatives doivent cependant suivre une planification et entrer dans un schéma d'objectifs de qualité à obtenir pour les différents cours d'eau. Pour asseoir cette politique de lutte contre la pollution de l'eau, les dispositions suivantes doivent être prises :

- Elaborer des plans régionaux de protection de la qualité de l'eau ;
- Doter les centres urbains de schémas directeurs d'assainissement liquide ;
- Adopter une approche intégrée de la conception des projets " assainissement-épuration-réutilisation "
- Adopter le principe 'pollueur-payeur'.

En effet, l'assainissement ne peut être abordé sous un seul angle de la collecte des déchets et des rejets des effluents, mais doit être intégrer une approche prenant en compte la santé publique, la protection de l'environnement et la mise en valeur des eaux épurées (ressource en eau potentielle). Donc le traitement des déchets solides et liquides se révèle désormais indispensable afin d'éviter toute incompatibilité entre ces trois composantes et de tenir compte de l'ensemble des avantages économiques liés à cette démarche.

PERSPECTIVES

1- A l'issue de ce travail, on souhaite généraliser cette étude sur tout le bassin versant de l'Oum Er Rbia afin de préciser les foyers de pollution et d'évaluer leurs impacts sur les ressources en eau.

2- En se basant sur les données et les informations récoltées pour toute la région d'étude, on espère entamer les volets suivants:

- Le choix du bon site pour l'installation des stations d'épuration pour chaque effluent d'eaux usées des différents centres et villes de la région;
- Dimensionnement de différentes stations d'épuration pour chaque commune ;
- Le choix des bons sites de dépôts des déchets solides de chaque commune afin de faire le tri. Par contre le traitement des déchets non recyclables s'effectue dans la décharge contrôlée régionale que les décideurs souhaitent l'instaurer à Fkih Ben Saleh.

*PARTIE III : SOLUTION CONCRETE POUR
REDUIRE LA POLLUTION LIQUIDE.
Conception d'une STEP pour la commune de
Sidi Jaber*

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

Au Maroc, l'évolution rapide du contexte socio-économique a favorisé l'émergence de modes de production et de consommation peu soucieux de la problématique de l'environnement. Cette situation s'est traduite essentiellement par des modifications notables au niveau des quantités et des qualités des eaux usées produites. Ils comprennent une proportion non négligeable de produits à risque en provenance essentiellement des différentes activités industrielles et médicales.

La commune rurale de Sidi Jaber se situe dans la province de Béni Mellal, elle été mise en service en 1959, elle occupe une superficie d'environ 74 km², et se trouve à l'intérieur du périmètre irrigué du Tadla dont elle dispose à peu près 800 Ha.

En contrepartie, la commune de sidi Jaber connaît un certain nombre de problèmes environnementaux. En effet, les eaux usées domestiques et agricoles de la commune, se jettent via un drain à ciel ouvert dans l'oued Oum Er-Rbia sans aucun traitement préalable. Ce qui provoque la dégradation de la qualité des diverses composantes du système environnemental (air, eau sol) et par la suite la santé humaine.

Donc, dont le but de préserver notre environnement, on est amené à réaliser une étude scientifique pour cerner cette problématique à fin de :

- évaluer l'impact négatif de cette situation sur notre patrimoine,
- proposer et élaborer une station d'épuration adéquate des eaux usées à cette commune qui sera moins coûteuse et plus efficace.

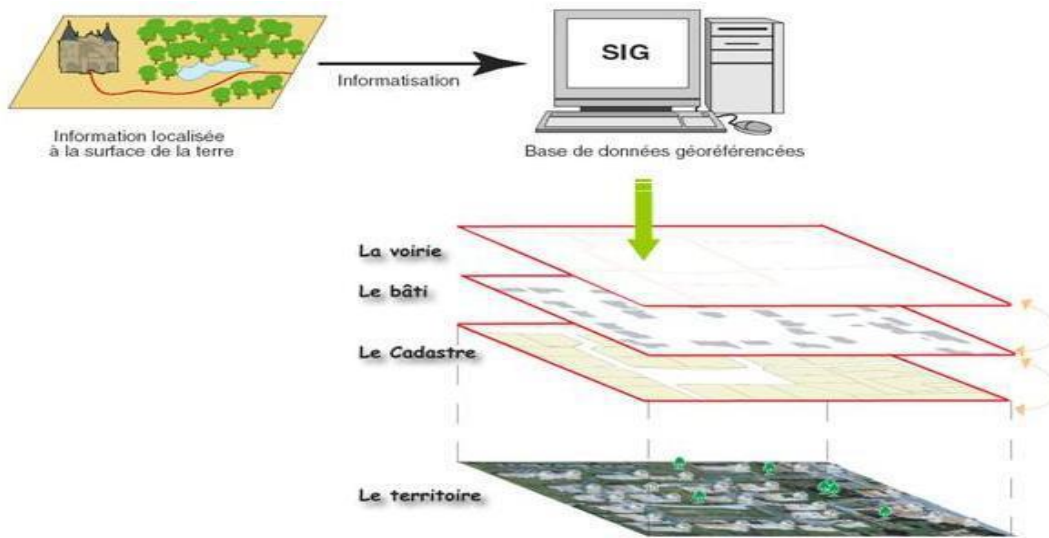


Chapitre I :

*TECHNIQUES UTILISEES ET
DEMARCHE - METHODOLOGIE
SUIVIES*

I. TECHNIQUES UTILISEES

1. Systèmes d'Information Géographique(SIG)

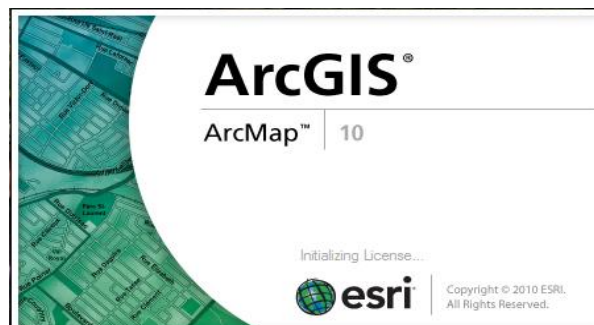


Le système d'information géographique [SIG], un système informatisé comprenant plusieurs bases de données géographiques est un logiciel de gestion et d'accès aux informations dont le but est de centraliser, d'organiser, de gérer et d'analyser les données et leur mise à jour.

Le SIG permet d'établir des liens complexes entre plusieurs types de données géographiques (géologiques, géomorphologiques, pédologiques, phytogéographiques, etc.). L'information est organisée en niveaux de données (chiffres / cartes ; national / régional ; etc.) qui peuvent être superposés, interactifs ou isolés. La restitution sous formes de cartes, de tableaux et de statistiques de la synthèse des données est l'un des principaux atouts des SIG.




Utilisé dès les années 1960, dans une optique d'archivage, le SIG s'est peu à peu développé et n'a cessé d'agrandir l'éventail de ses interventions. Ses différents domaines d'application sont, entre autres, la cartographie, les analyses de l'aménagement du territoire, de l'occupation des sols, de l'écosystème, de l'environnement (pollution, catastrophes naturelles, etc.), les analyses topographiques, géologiques, agricoles et démographiques. Les organismes utilisant des systèmes d'information géographique sont multiples : par exemple au niveau national, l'Insee pour le recensement général, l'Institut géographique national pour les domaines topographique et cartographique, au niveau européen, Eurostat, et au niveau mondial, l'ONU.

2. Logiciel Arc Gis



Arc GIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.).

Le logiciel Arc GIS comprend quatre applications principales :

- ✓ [Arc Catalog](#) :  est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il est vivement conseillé d'utiliser ArcCatalog pour effacer les fichiers car ces fichiers sont accompagnés d'autres fichiers que l'explorateur de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de les effacer automatiquement. Arc Catalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent.
- ✓ [Arc Map](#) :  est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. ArcMap est l'équivalent de l'ancienne version d'ArcView.
- ✓ [Arc Toolbox](#)  est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.

3. Système de positionnement global (GPS)



Le Global Positioning System (GPS) que l'on peut traduire en français par « système de localisation mondial » est un système de géolocalisation fonctionnant au niveau mondial. En 2011, il est avec

GLONASS, un système de positionnement par satellites entièrement opérationnel et accessible au grand public.

Le GPS utilise le système géodésique WGS 84, auquel se réfèrent les coordonnées calculées grâce au système. Le premier satellite expérimental fut lancé en 1978, mais la constellation de 24 satellites ne fut opérationnelle qu'en 1995.

Le GPS comprend au moins 24 satellites tournant à 20 200 km d'altitude. Ces satellites émettent en permanence sur deux fréquences L1 (1 575,42 MHz) et L2 (1 227,60 MHz) modulées en phase (BPSK) par un ou plusieurs codes pseudo-aléatoires, datés précisément grâce à leur horloge atomique, et par un message de navigation.

4. Logiciel Autocad, surfer et autres :



Autocad est un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO) créé en décembre 1982 par Autodesk. En 2011, Autocad est développé pour Windows et pour Mac OS X. Autocad n'a pas existé que sur Windows. En effet, des versions Mac existaient avant 1992, date à laquelle l'éditeur Autodesk abandonna la plateforme Mac. Le 1er septembre 2010, l'éditeur Auto desk annonce le retour d'Autocad sur Mac, livrable fin 2010.

Il est aujourd'hui utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire : Industrie, SIG, Cartographie et Topographie, Électronique, Électrotechnique (schémas de câblage), Architecture et Urbanisme, Mécanique.

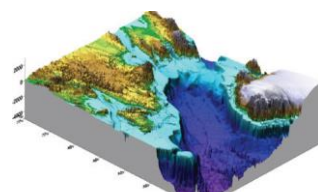
Surfer : Ce logiciel conçu par Golden Software, il vous permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données que vous aurez récoltées sur le terrain via GPS.

Le principe de Surfer est le suivant: le logiciel vous permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de vos points x,y,z afin de les ordonner. C'est à partir de ces que l'on pourra créer plusieurs types de cartes: (base map, contour map, 3D surface, vecteur et bien d'autres...).



Surfer capable de :

- Mettre en forme votre fichier Excel
- Afficher vos données sous surfer et connaître les outils à disposition
- Créer une grille x,y,z
- Créer différents types de cartes et les superposer
- Mettre en forme vos cartes
- Réaliser des profils de plage



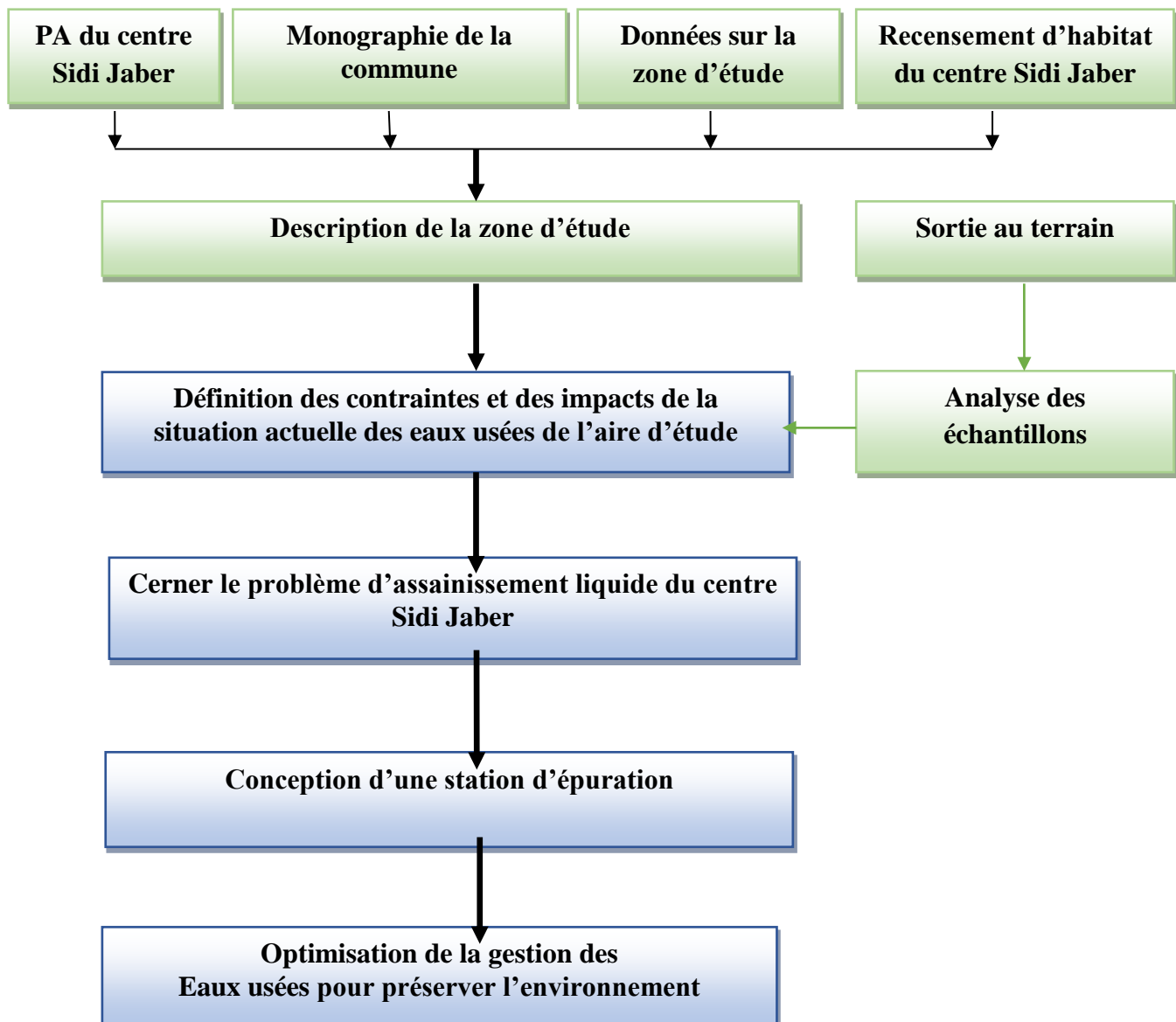
- Réaliser des calculs de volume
- Calculer des longueurs et des surfaces
- Calculer des volumes par rapport à une zone choisie de la plage.

II. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

La présente étude vise l'élaboration et la réalisation d'une station de traitement et/ou d'épuration (STEP) des eaux usées de la commune Sidi Jaber.

Donc, il a été nécessaire de donner une présentation générale de la zone d'étude et de décrire la situation actuelle en matière de gestion d'eaux usées. Et ceci dont l'objectif de réaliser des cartes géo-référenciées (couches en termes de SIG) et des tableaux de bases de données afin de choisir un site favorable, un système et un type de Station d'Épuration des eaux usées (STEP) le plus convenable (plus rentable et moins coûteuse).

Le cheminement suivi est schématisé dans l'organigramme suivant :





Chapitre II :

*PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE*

I. SITUATION ADMINISTRATIVE ET GEOGRAPHIQUE

1. Situation géographique

La commune Sidi Jaber, traversée par la route nationale **R.N n°11**, se situe à 15km environ au Nord-Ouest de Béni Mellal et à 35km environ Sud-Est de Fkih ben Salah.

Cette commune relève du cercle et de la province de Béni Mellal. Elle se limite au Nord par la commune Olad Yaich; à l'Est par la ville de Béni Mellal ; à l'Ouest par la commune Bradia et au Sud par les communes Ouled M'barek et Ouled Gnaw.

Les coordonnées du centre de la commune Sidi Jaber, dans le système WGS 84, sont comme suit:

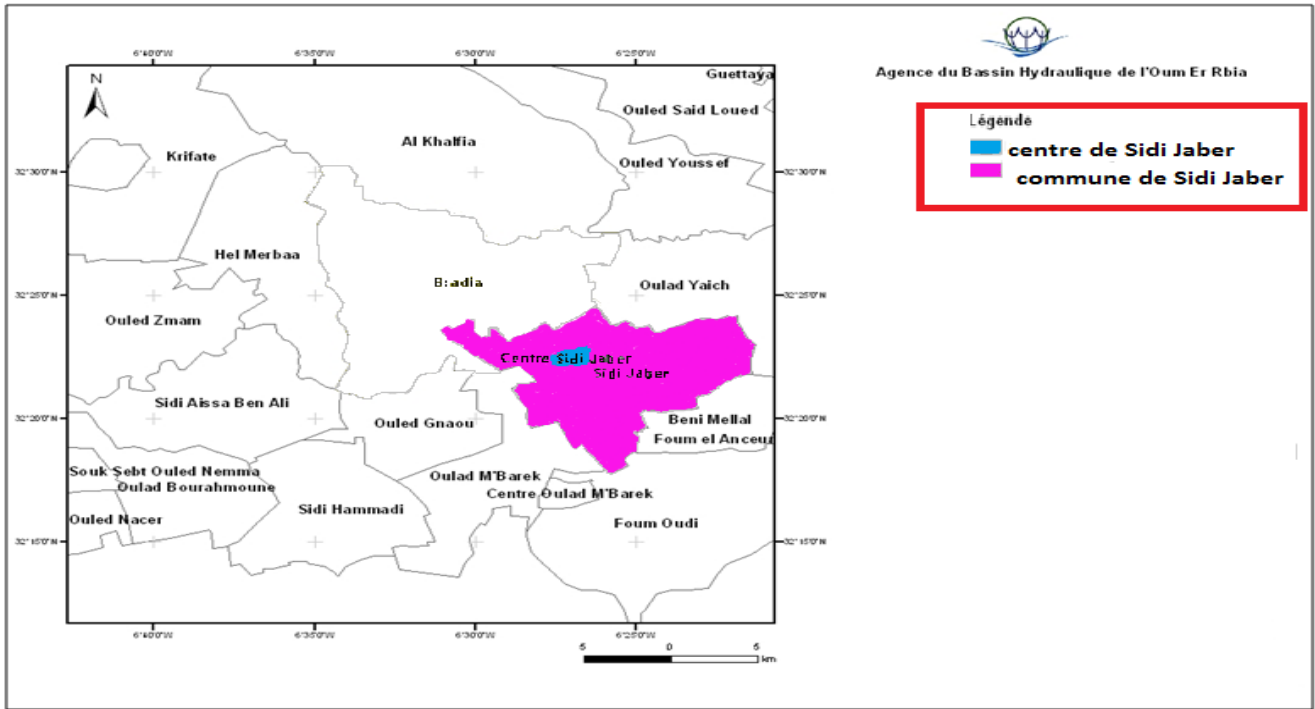
Coordonnées	sexagésimales				décimales	
Latitude	32°	22'	48.38316"	N	32.38010643489562 °	N
Longitude	6°	28'	55.54029"	W	-6.482094526290894°	E

Les coordonnées du centre de la commune Sidi Jaber, dans le système Merchiche/ Maroc nord, sont les suivantes:

Coordonnées	X : 398026.2m	Y : 198825.77m
-------------	---------------	----------------

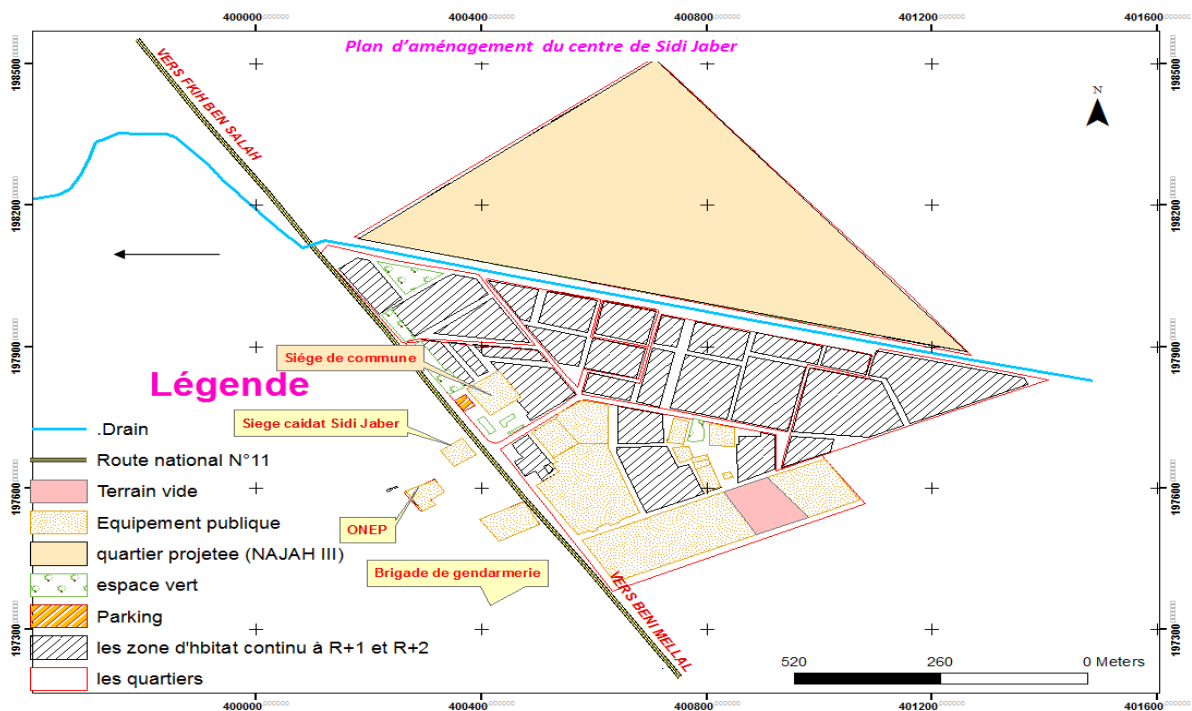


Figure 36 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du Maroc



2. Situation administrative

- **Nom de la commune** : Sidi Jaber
- **Caïdat** : Sidi Jaber
- **Cercle** : Béni Mellal
- **Province** : Béni Mellal
- **Région** : Béni Mellal - Khénifra



II. INFRASTRUCTURE ET EQUIPEMENT DE BASE

1. Voiries de la commune :

Tableau 16 : les voiries du centre Sidi Jaber

Commune	Groupement d'habitat	Longueur du réseau (m)	Goudronné	Non Goudronné
Sidi Jaber	Centre de Sidi Jaber	10950	7450	3500
	Village pilote	5000	-	3500
	Ouled si Mimoun	8500	-	8500

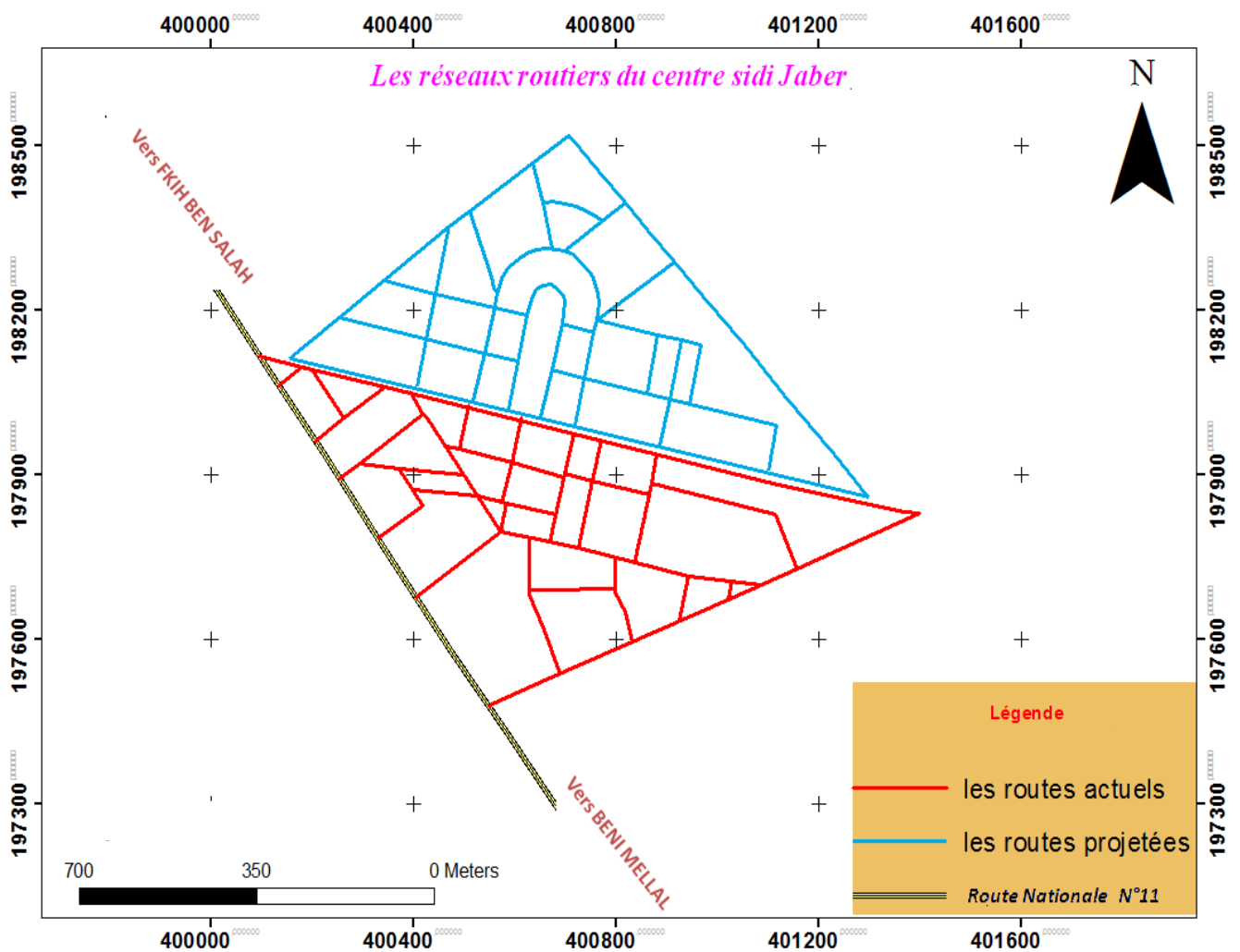


Figure 39 : Voiries du centre Sidi Jaber

2. Alimentation en eau potable :

Le réseau d'AEP de la région est caractérisé par :

- Les quatre ressources (forages N°IRE 2693/37, N°IRE 2804/37, N°IRE 2660/37 et N°IRE 2644/37), alimentent le centre de Sidi Jaber (ONEP, 2014) ;
- Le branchement individuel aux réseaux d'AEP dans le centre de Sidi Jaber
- La longueur de réseaux AEP dans le centre de Sidi Jaber est de 16km ;
- La capacité de stockage du réservoir est de 500 m³ (ONEP, 2014) ;
- la consommation moyenne d'eau potable est 32 m³/hab/an soit 87 l/hab/j (ABHOER, 2005).

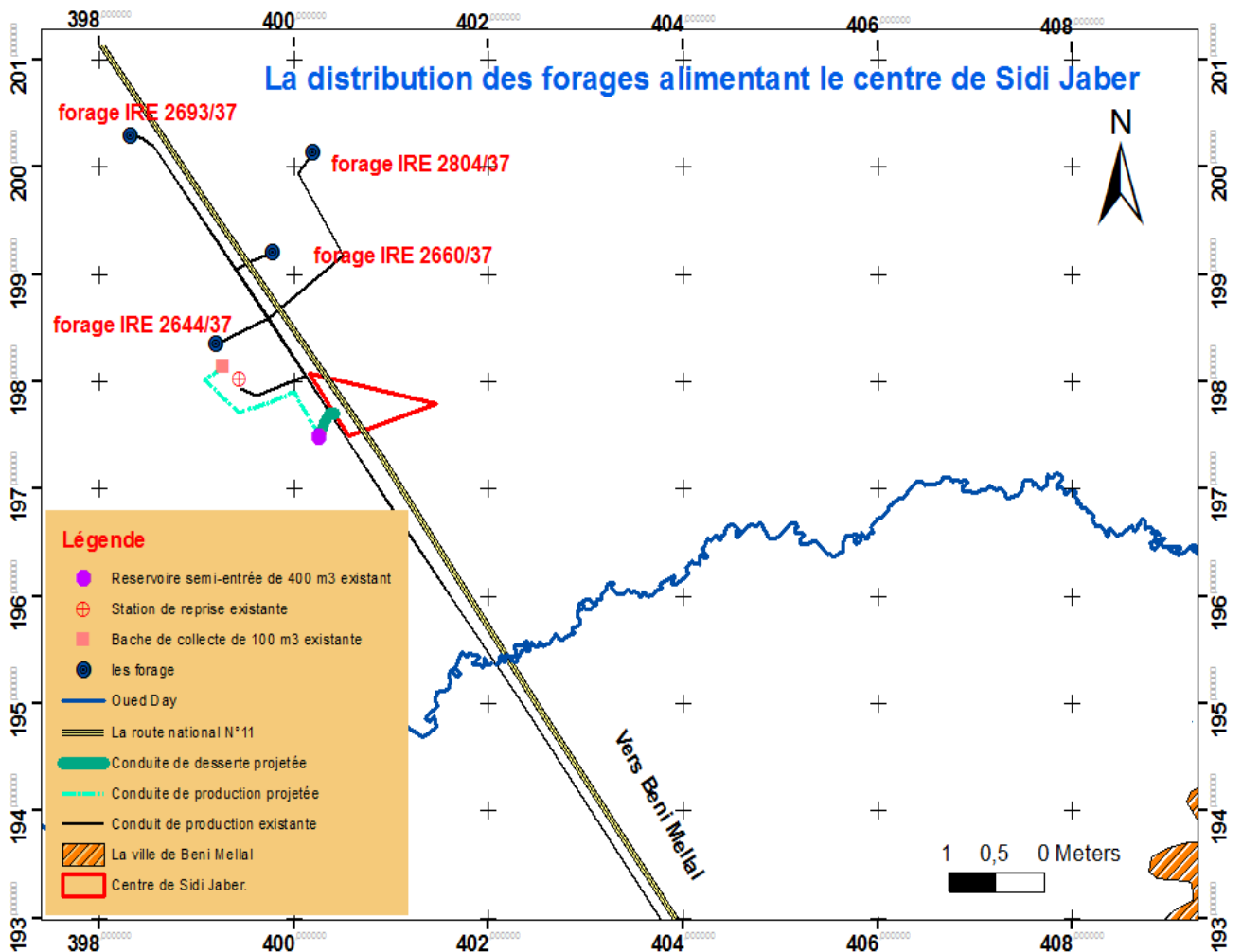


Figure 40 : carte de distribution des forages alimentant le centre Sidi Jaber

3. Assainissement liquide

Le centre est raccordé au réseau public d'assainissement avec un taux de branchement de 100% et dont sa longueur actuelle est de 9500m. Les eaux usées brutes se rejettent dans l'oued Oum Er Rbia sans aucun traitement préalable.

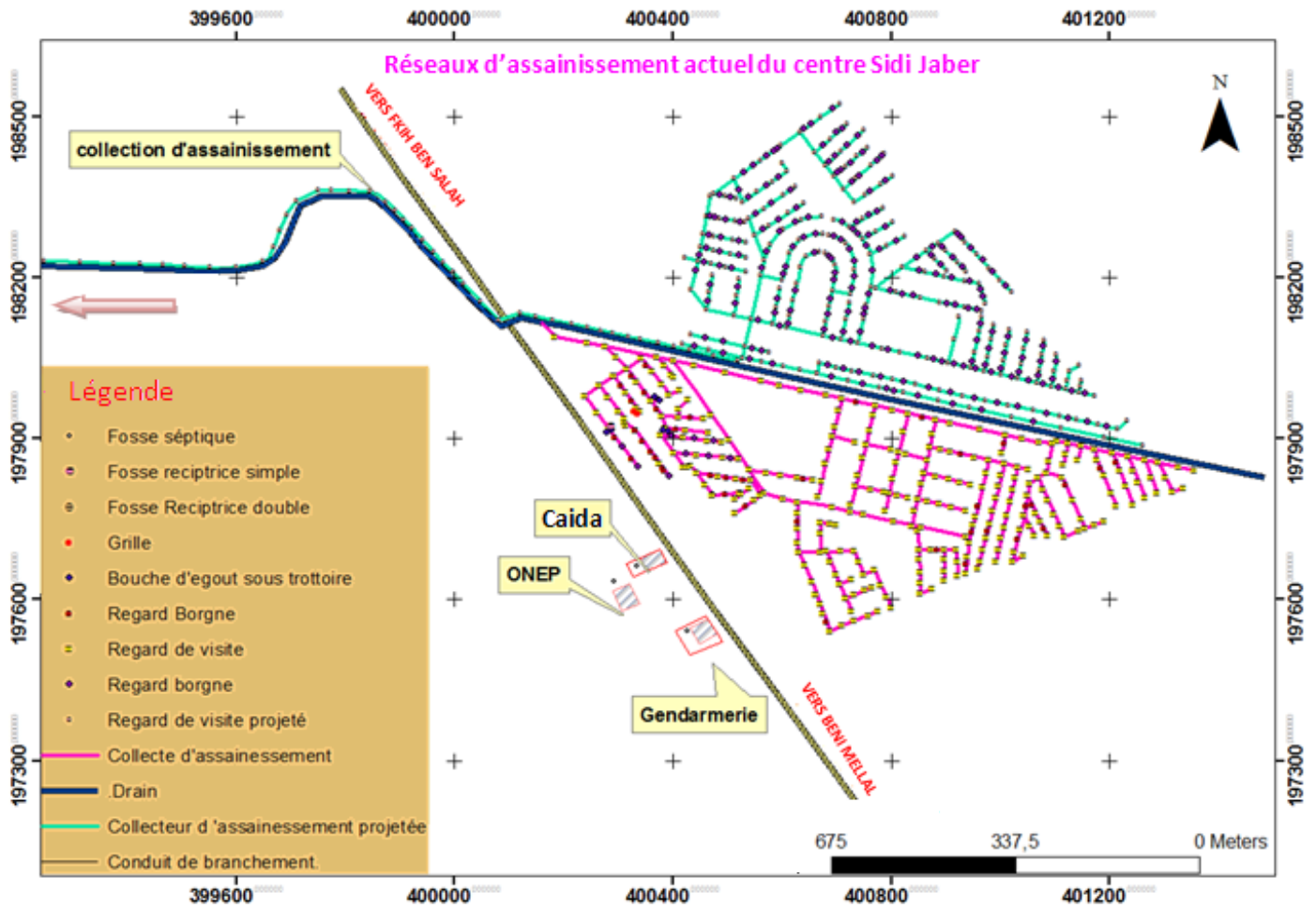


Figure 41 : réseau d'assainissement actuel du centre de Sidi Jaber

4. Déchets solides :

Le service chargé de la collecte des déchets de la commune se caractérise par :

- ◆ la collecte et le transport des déchets solides vers la décharge de Béni Mellal s'effectue par un camion et un tracteur ;
- ◆ La collecte des ordures ménagères au niveau du centre Sidi Jaber se fait une fois par deux jours ;
- ◆ Le nombre de voyages est deux voyages par 48 heures ;
- ◆ La quantité des déchets produits par la zone d'étude : 5T/j (Commune de Sidi Jaber, 2014).

III. ACTIVITE SOCIO-ECONOMIQUE

Les activités économiques reposent, principalement sur l'émigration, l'agriculture, l'élevage, le commerce, la main d'œuvre et le souk hebdomadaire constituent la source d'approvisionnement du centre de Sidi Jaber.

1. Démographie :

D'après le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2004), la commune rurale de Sidi Jaber comptait environ **18678** habitants, et **4606** au centre de la commune repartis entre **919** ménages au centre, soit une moyenne de 5 personnes par ménage. Pour finaliser la population en 2014, on a réalisé un recensement des habitants du centre de Sidi Jaber. Pour cela, on a effectuée une enquête en remplissant un questionnaire (voir annexes). Cette population devient environ **6000** habitants en **2014**. La projection de la population de cette région est basée sur la formule suivante :

$$P_n = P_0 (1 + T_a)^{(A_n - A_0)}$$

- Avec :
- P_n : la population projetée ;
 - P_0 : la population de référence ;
 - T_a : Taux d'accroissement;
 - A_n : l'année identifiée pour la projection ;
 - A_0 : l'année de référence.

2. Agriculture

L'activité agricole considérée comme l'activité économique la plus importante ; d'environ 90% de la population de la commune de Sidi Jaber y pratique.

- **La richesse des végétaux dans la commune de Sidi Jaber :**

Tableau 17 : Positivisme des terres agricoles

Somme des terres agricole (ha)	Périmètre irrigué (ha)	Périmètre non irrigué (bour) (ha)
8233	5193	3040

Tableau 18 : Les cultures orientées vers la consommation directe ou industries transformistes

Type	Superficie annuelle (ha)
la betterave à sucre	300
grain	2300 (70% Blé Dure)
Olivier	1300
Agrumes	1520
Légumes	200-260
Les roses	200
Jngelan	250
Piment rouge	50
Autres cultures	70

Tableau 19 : Les cultures destinées à pâturages pour le bétail

Type	Superficie en ha
Soja	400
Luzerne	560
trèfle	120
Herbe des pâturages diversifiée	15

- **La richesse des animaux dans la commune de Sidi Jaber :**

Tableau 20 : Les données sur un troupeau de groupe de moutons, de chèvres et de volaille

Type	Nombre
moutons	15000
Chèvres	800
volaille	37000

3. Industrie :

On constate l'absence de l'infrastructure industrielle dans la zone d'étude.

4. Autres métiers :

Tableau 21 : autres métiers dans le centre Sidi Jaber

Type d'activité commerciale	Nombre
Cafés	10
Grand taxis	8
Magasin Commercial	62
Société de crédit	1
Unité de change d'argent	1
Magasin de menuisier	5
Boulangerie moderne	2
Boucher	4
Station de gaze	3
Unité de production des poules	4
Bain	2
Huilerie	13
Cabiné de généraliste	1
Pharmacie	3
Moulin	2
Mécanique, coiffeur, tailleur, téléboutique...	35

5. Etat sanitaire de la population :

Tableau 22 : état sanitaire de la population du centre Sidi Jaber

Domaine	Centre de santé	Nombre de médecins	Nombre des infirmiers	Appareils utilisés
Publique	1	1	3	Tensiomètre, télescope
privé	1	1	0	Tensiomètre, télescope

- La zone d'étude contient un seul centre de santé constitué par deux petites salles de soin, une salle de consultation, deux salles d'attente et une petite pharmacie ;
- La commune de Sidi Jaber contient une seule ambulance ;
- Les maladies que le centre médical accueille : pas des maladies dominantes, seulement de la grippe, les Longines, la fièvre, diabète, allergie... ;

IV. DONNEES PHYSIQUES DE LA REGION D'ETUDE

1. Topographie :

La topographie du site du projet est régulièrement plane (pente entre 0-4 degré) ; la zone d'étude fait partie de la plaine du Tadla. Pour avoir une idée sur la topographie de la région, on a établie la carte suivante :

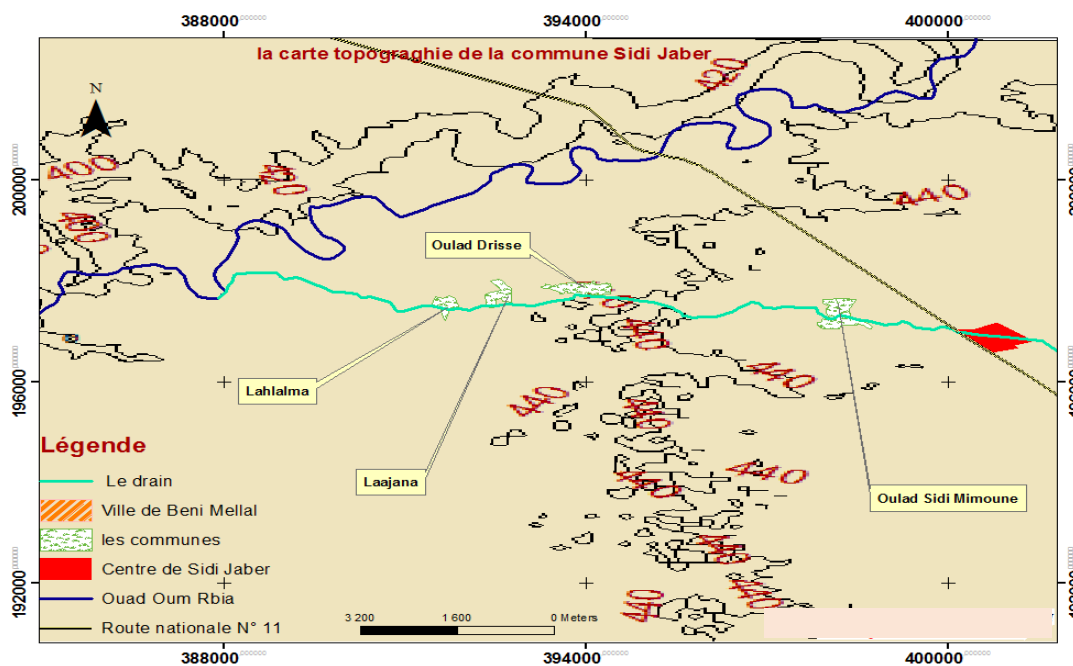


Figure 42 : carte topographique de la zone d'étude

2. Géologie :

La zone d'étude se situe dans la plaine de Tadla, qui consiste en une vaste dépression remplie de dépôts quaternaires et de formations marno-calcaires recouvertes par des limons rouges en surface.

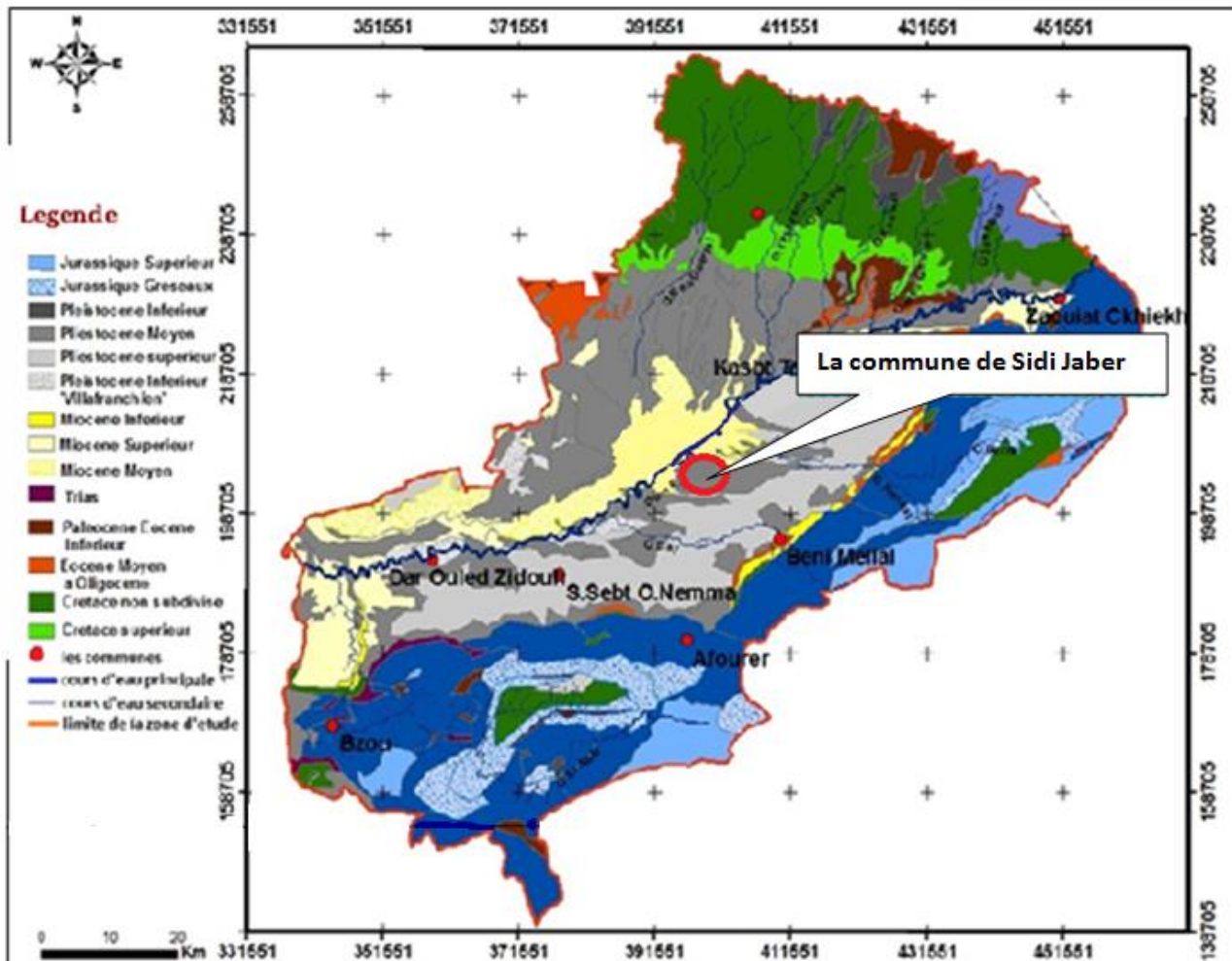


Figure 43 : géologie de la zone d'étude

- La litho stratigraphie :

Une coupe litho stratigraphique a été réalisée pour connaître la succession des faciès ainsi que leurs épaisseurs.

Formations	Lithologie	Epaisseur
Formation Mio-Plio-Quaternaire	Croute calcaire Calcaires sableux Conglomérates polygéniques à ment argileux Marnes sableuses	0 à 400 m
Formation phosphatée (Maestrichtien-Eocène)	Argiles dolomitiques et dolomies à silex avec débris phosphatés Niveau de calcaire et de dolomies phosphatés Imprégation de matière	60 à 300 m
Formation Sénonien marin	Calcaires lumachelliques	70 à 400 m
2ème formation évaporitique « Sénonien lagunaire »	Anhydrites, dolomies calcaire dolomitiques et marne	
Sénonien-Turonien	Dolomie et dolomies marneuses	50 à 200 m
1ère formation évaporitique « imfracénomanen lagunaire »	Dolomie et marnes dolomitiques argileuses, anhydrite Conglomérat de base	20 à 180 m
Primaire	Schistes et quartzites	>100 m

Figure 44 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région d'étude (Bait & Zaytouni, 2012)

3. Climatologie :

Le climat de la zone d'étude est un climat semi aride de type continental. Il est très chaud en été et froid en hiver avec même parfois du gèle.

a. Pluviométrie :

- ✓ La pluviométrie moyenne annuelle est de 426mm (2009-2013);

- ✓ La période pluvieuse s'étale d'octobre à mai contre une période sèche comprise entre Juin et Septembre.

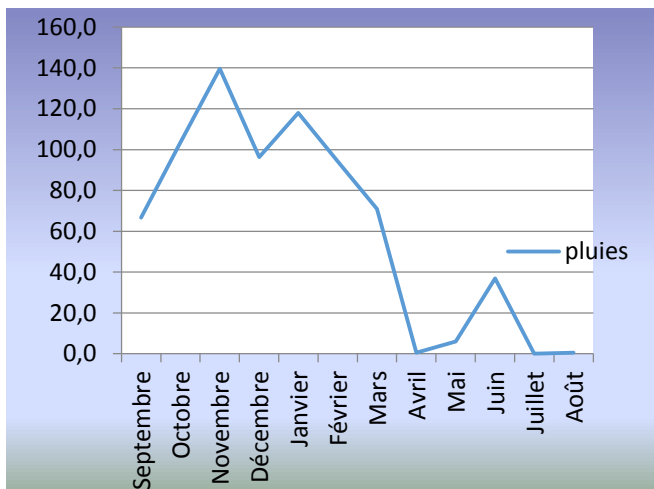


Figure 46 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en mm (2000-2013). Station de Béni Mellal

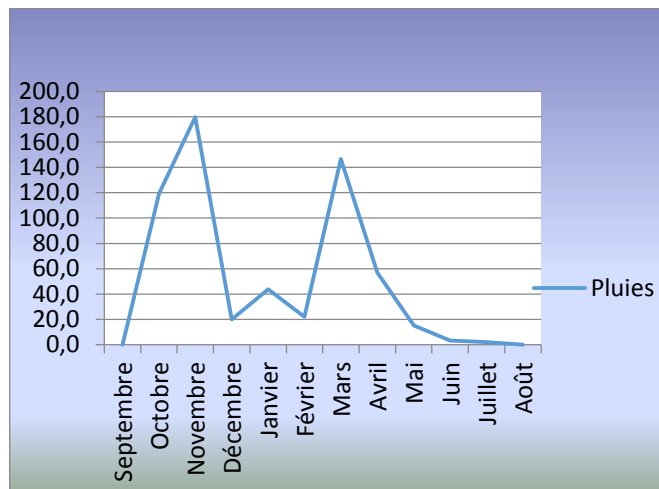


Figure 45 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en mm (2000-2013). Station de Sidi Jaber

b. Température :

La température varie entre -1°C (janvier) et 48°C (Aout).

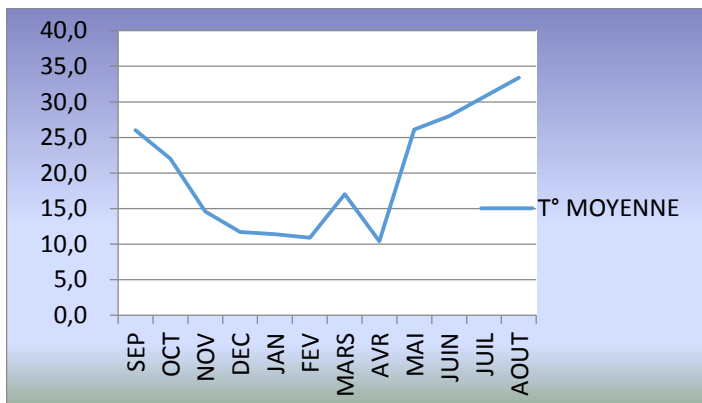


Figure 47 : Evolution des températures moyennes mensuelles mesurées dans la station de Béni Mellal (2000 – 2013)

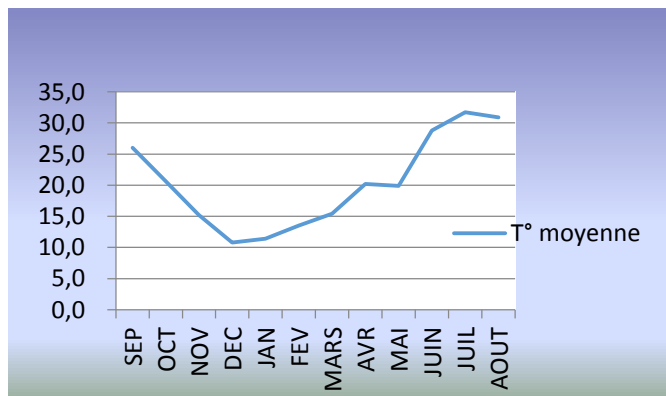


Figure 48 : Evolution des températures moyennes mensuelles mesurées dans la station météo de Sidi Jaber (2000 – 2013)

c. Evaporation

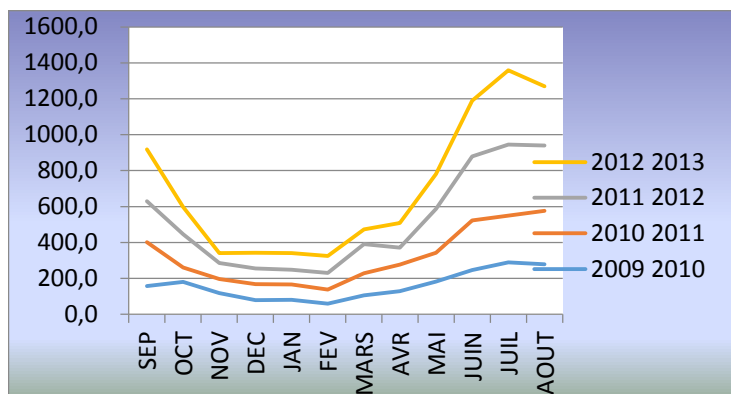


Figure 50 : Evolution de l'Evaporation moyenne mensuelle interannuelle dans la station de Béni Mellal en mm (2009-2013)

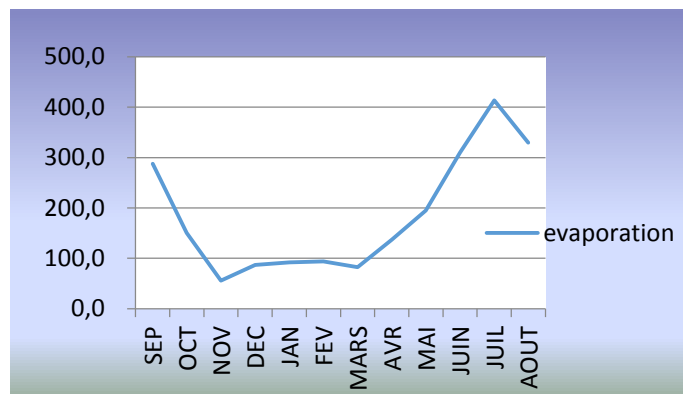


Figure 49 : Evolution de l'Evaporation moyenne mensuelle mesurée à la station météorologique de Sidi Jaber en mm (2009 - 2013)

L'évaporation est tributaire des autres paramètres climatiques, notamment la température et la vitesse du vent, elle augmente progressivement à partir de Janvier pour atteindre son maximum en Juillet. Dès le mois de Septembre, elle décroît rapidement jusqu'aux minimas de Décembre-Janvier

d. Vent :

Les vents soufflants dans la zone d'étude sont généralement faibles, ils diminuent graduellement à partir d'Octobre pour atteindre sa valeur minimale en décembre. Dès le mois de mars, la vitesse moyenne des vents s'accroît progressivement pour enregistrer ses valeurs maximales en été.

Le vent **dominant** dans la commune rurale Sidi Jaber, soufflait de l'**Ouest** et du **Sud-Ouest**. En

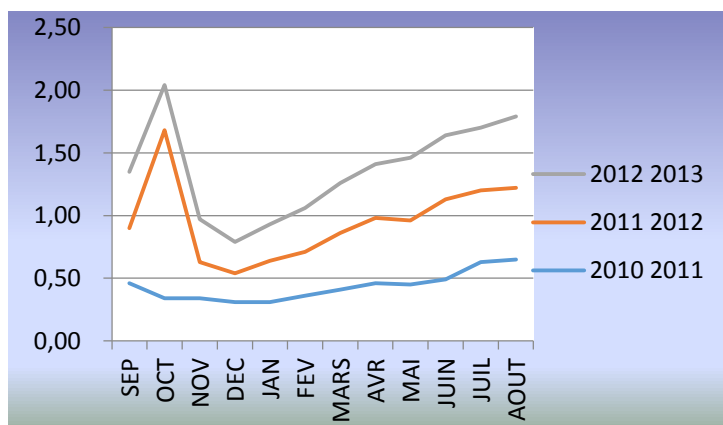


Figure 51 : Vitesse du vent moyenne mensuelle mesurée dans la station de Béni Mellal en m/s (2010-2013)

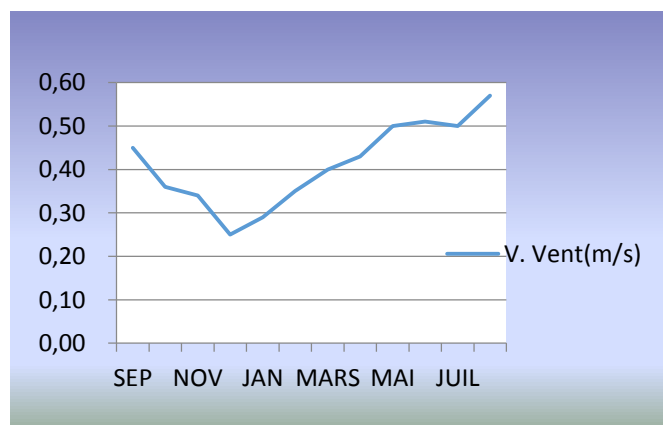


Figure 52 : Vitesse du vent moyenne mensuelle mesurée dans la station météo de Sidi Jaber en m/s (2010 - 2013)

e. Humidité :

L'humidité relative de l'air est conditionnée par les vents du Nord-est et l'effet de la continentalité. Les observations effectuées pendant les six dernières années montrent qu'elle oscille en moyenne entre 47% et 71%. Les fortes valeurs sont atteintes en Décembre et Janvier alors que les faibles valeurs correspondent aux mois de Juillet et Aout. Et la saison humide se trouve entre Octobre et Avril.

4. Hydrologie et qualité des eaux de surface :

a) Hydrologie :

Sur le plan hydrologique, la commune est traversée par plusieurs cours d'eau les plus importants sont : oued Day, Oued Ouerna et le drain d'eaux usées de Sidi Jaber. Tous ces cours d'eau se jettent dans l'oued Oum Er-Rbia.

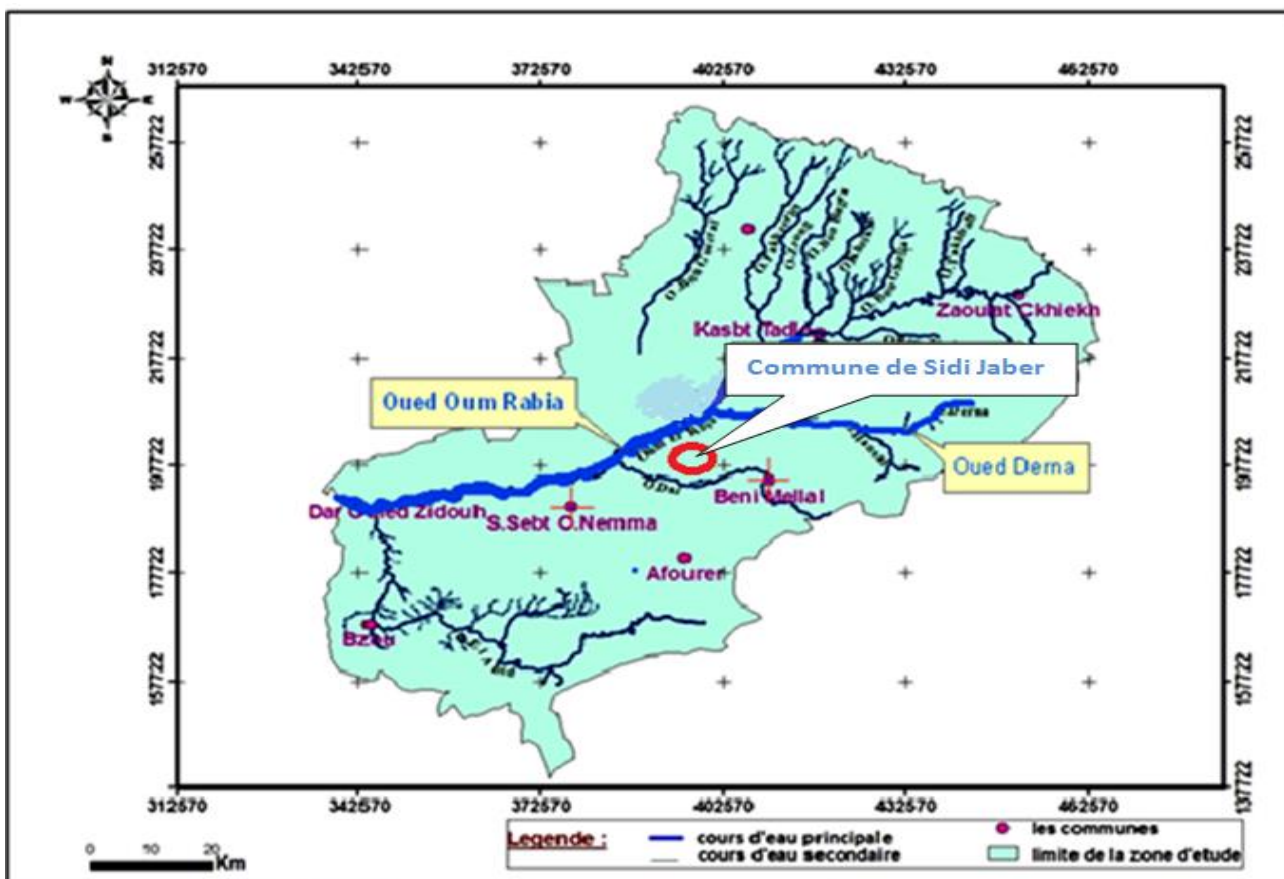


Figure 53 : Hydrologie du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia

b) Qualité des eaux de surface :

La qualité de l'eau de l'oued Oum Er Rbia, en général, varie entre la catégorie très mauvaise et moyenne. Les stations qui sont caractérisées par une mauvaise à très mauvaise qualité sont : aval et retenue de Tadla, aval confluence oued Day avec OER, K. Zidania, et aval Dar Ould Zidouh dont les eaux usées se rejettent dans l'oued sans aucun traitement préalable (figure ci-dessus).

5. Hydrogéologie et qualité des eaux souterraines :

La zone d'étude fait partie de la plaine de Tadla, la structure générale de la chaîne entraîne un système de cuvettes synclinales constituant autant de sous bassins hydrographiques qui communiquent plus au moins entre eux.

a) Description des aquifères régionaux :

De point de vue hydrogéologique, on distingue au niveau de la zone d'étude des réservoirs aquifères importants : la nappe du Lias inférieur, nappe du Jurassique moyen, nappe de crétacé, nappe de l'Eocène, nappe profonde du Turonien, nappe phréatique du Quaternaire (nappe des Béni-Moussa).

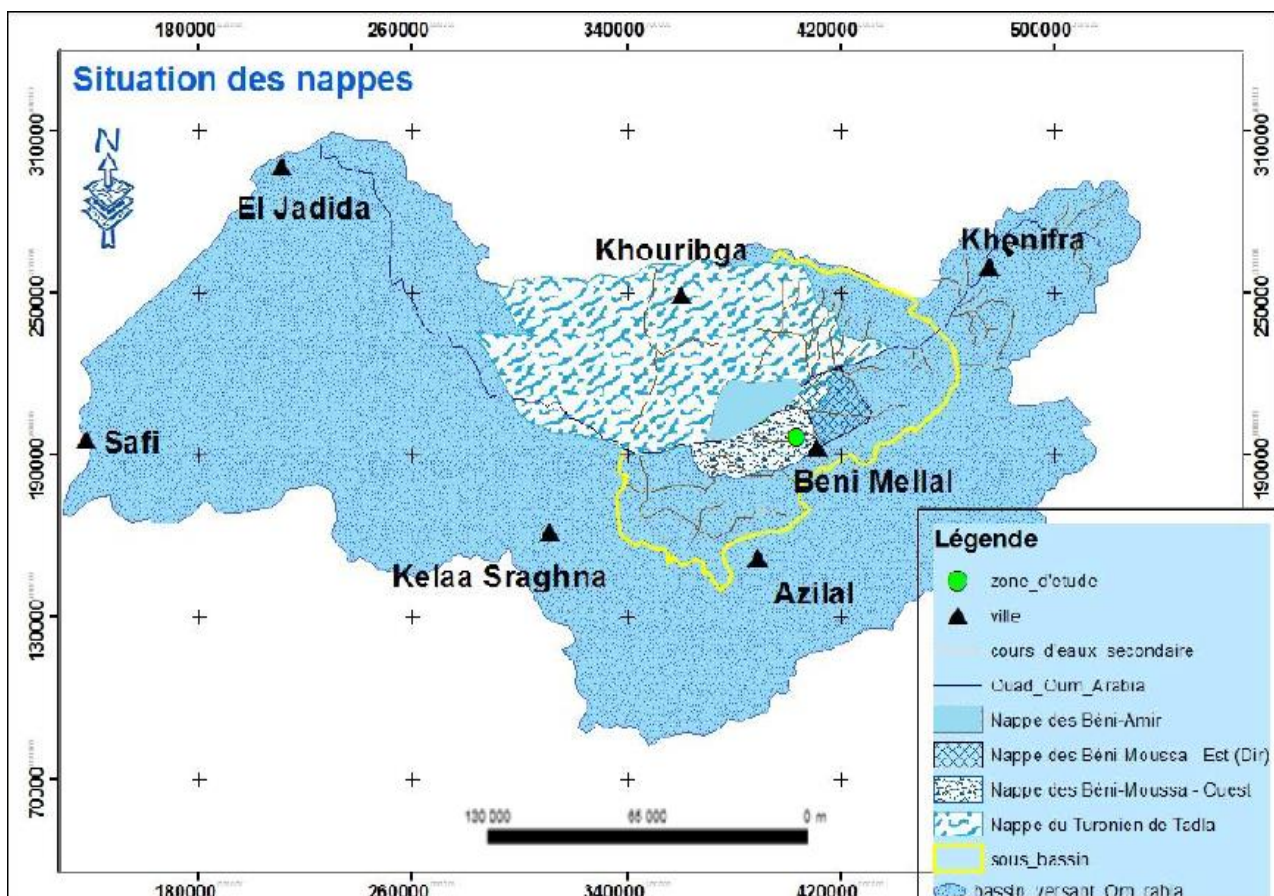


Figure 54 : Nappes et aquifères du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia (ABHOER, 2014)

b) Piézométrie au voisinage de l'émissaire d'eaux usées :

Nous étions obligés de faire une sortie sur terrain afin de déterminer les caractéristiques du système d'aquifère au voisinage de l'émissaire d'eaux usées du centre Sidi Jaber.

La variation des niveaux piézométriques peut être représentée en fonction de :

- **h (m)** : c'est la zone sèche des puits, c'est la différence entre la surface terrestre et le niveau supérieur d'eau de puit.
- **H (m)** : c'est la charge hydraulique de la nappe, elle représente la différence entre l'altitude **Z** du puits et sa profondeur (**h**).
- la relation entre ses trois paramètres ci-dessous :

$$H (m) = Z(m) - h (m)$$

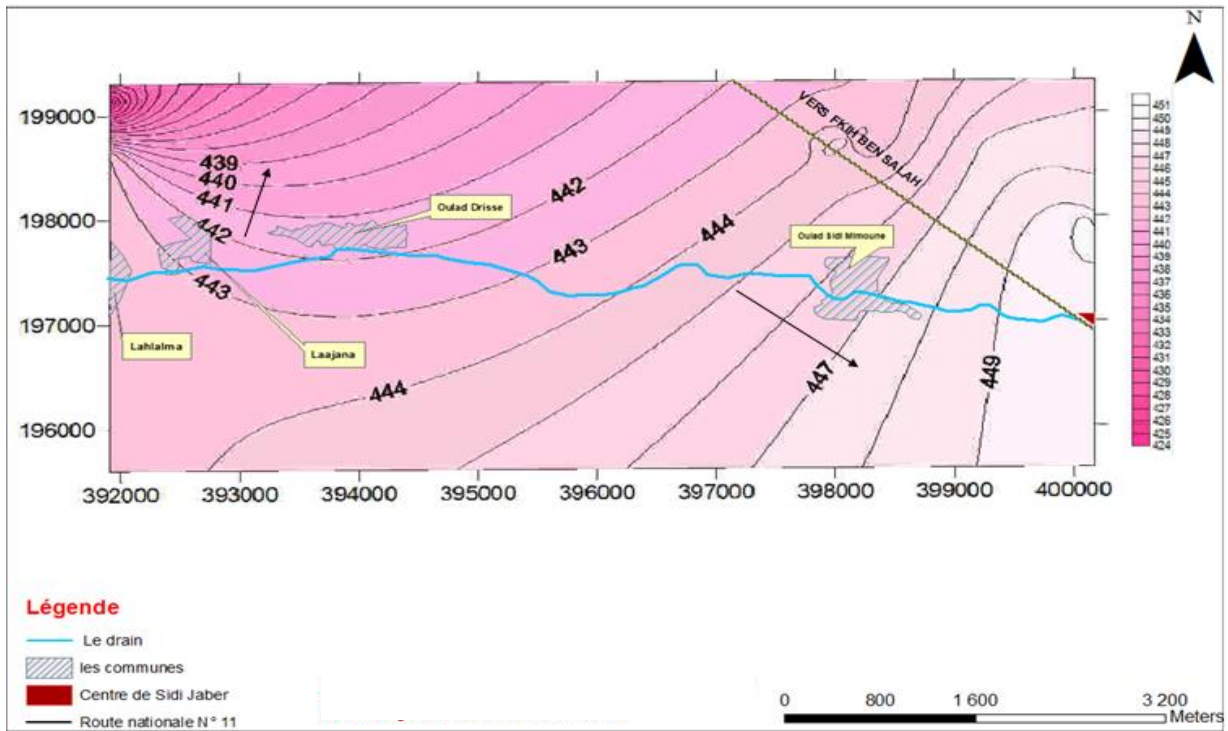


Figure 55 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la zone d'étude (variation de la charge hydraulique H)

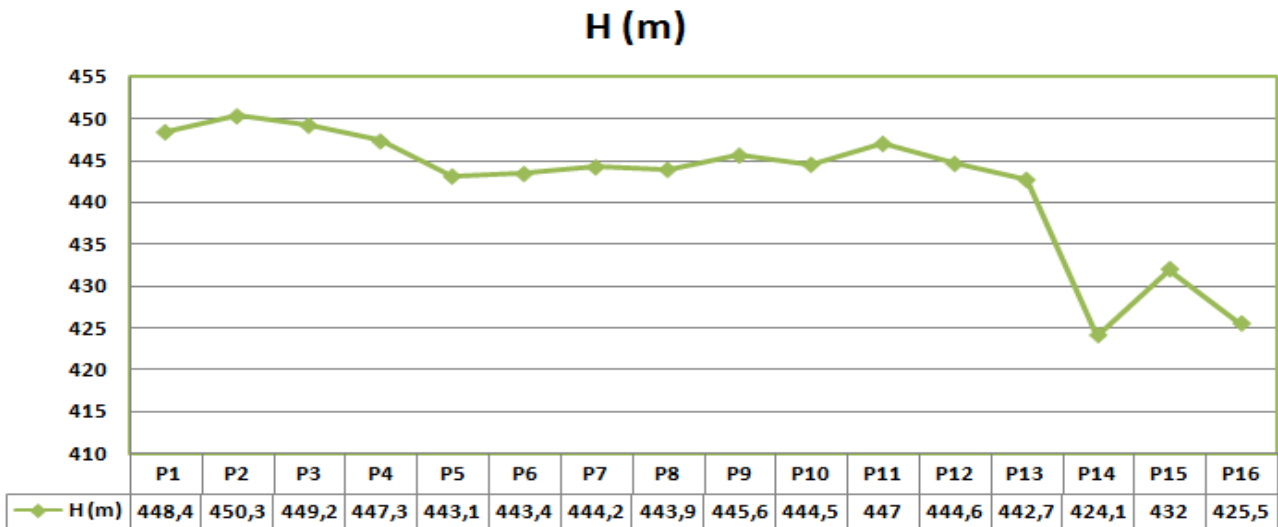


Figure 56 : Courbe de variation de la charge hydraulique H de la nappe phréatique de la zone d'étude

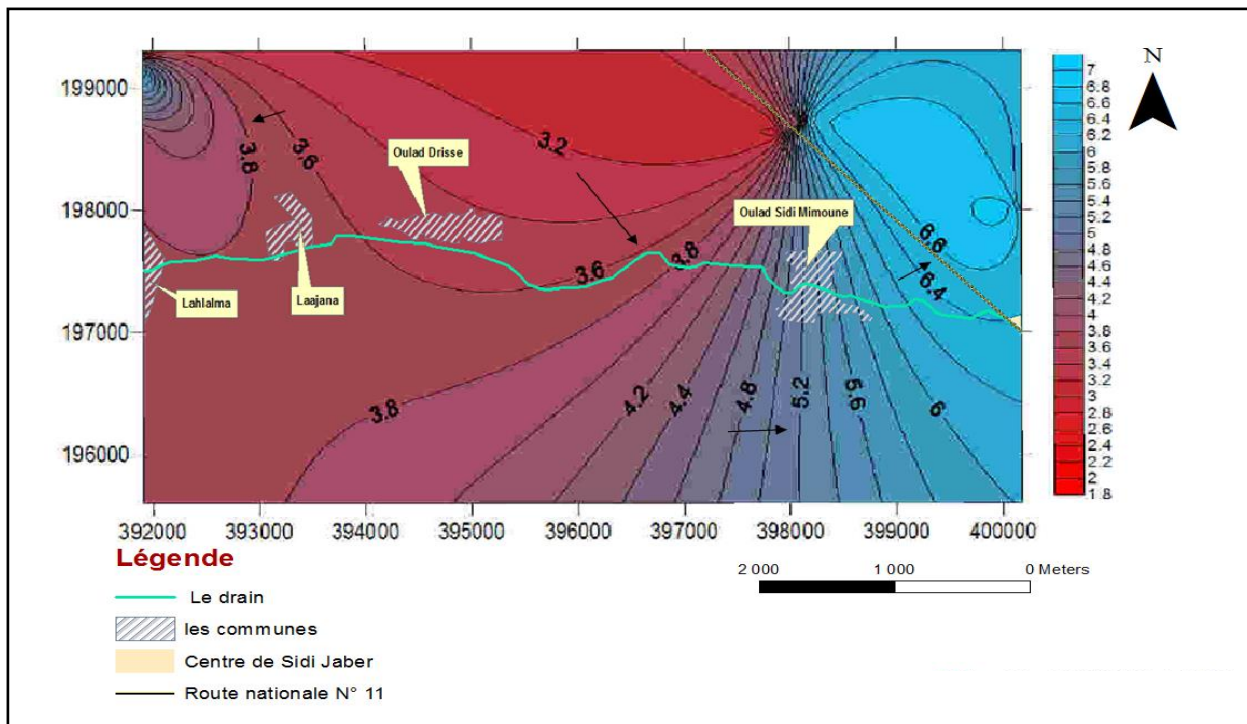


Figure 57 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la zone d'étude (variation de la profondeur sèche des puits h)

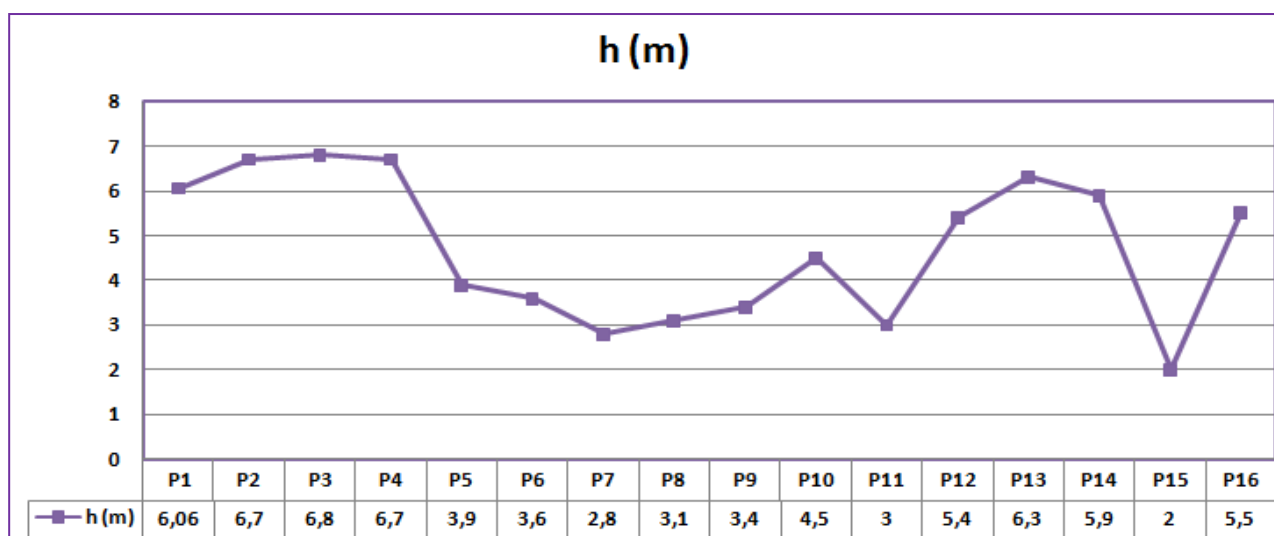


Figure 58 : Courbe de la variation de la profondeur sèche h des puits de la nappe phréatique de la zone d'étude

c) Qualité des eaux souterraines au voisinage de l'émissaire d'eaux usées

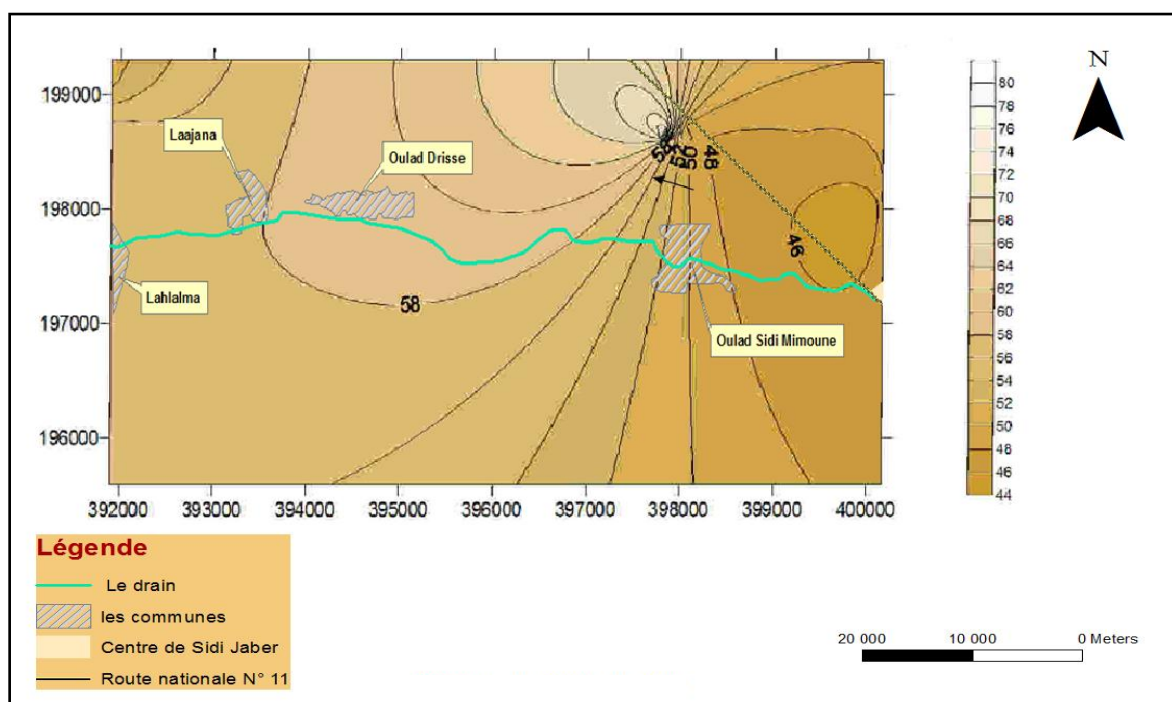


Figure 59 : Taux des nitrates dans les eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude

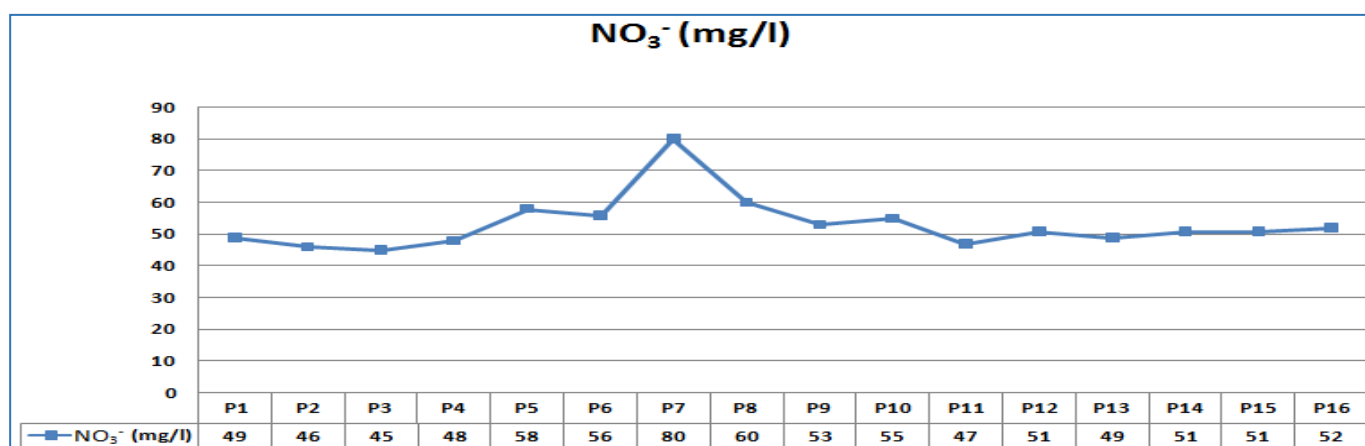


Figure 60 : Variation du taux de nitrates dans les eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude

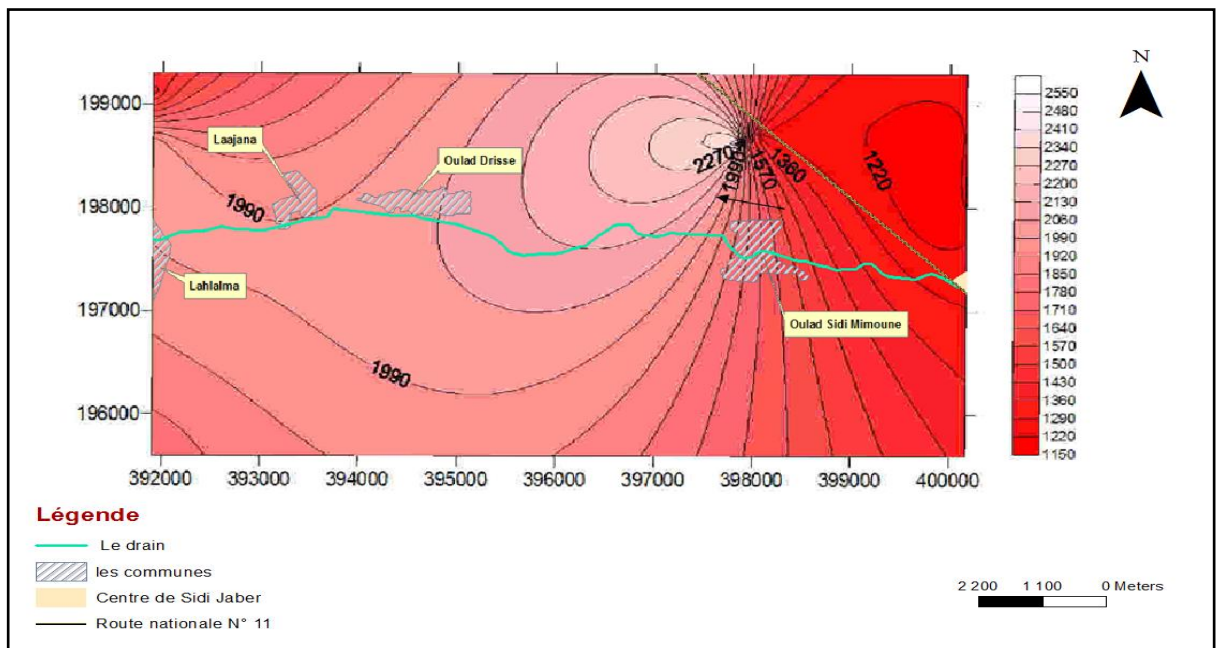


Figure 61 : Taux de la conductivité électrique de la nappe phréatique de la zone d'étude

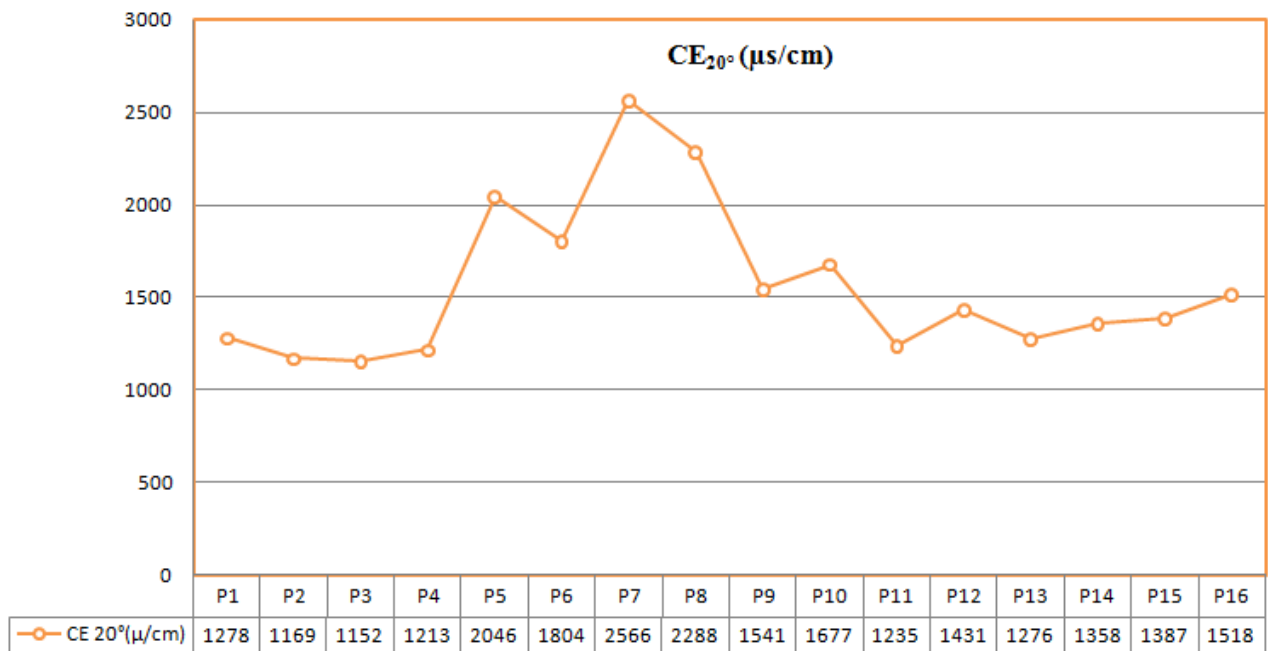


Figure 62 : La conductivité électrique de la nappe phréatique de la zone d'étude



Chapitre III :

*PRESENTATION DU SERVICE
CHARGE DE L'ASSAINISSEMENT
LIQUIDE*

I. CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

1. Surface et périmètre de la zone d'étude :

Pour déterminer la surface et le périmètre des différents quartiers, on a passé tout d'abord par une délimitation de la zone d'étude :

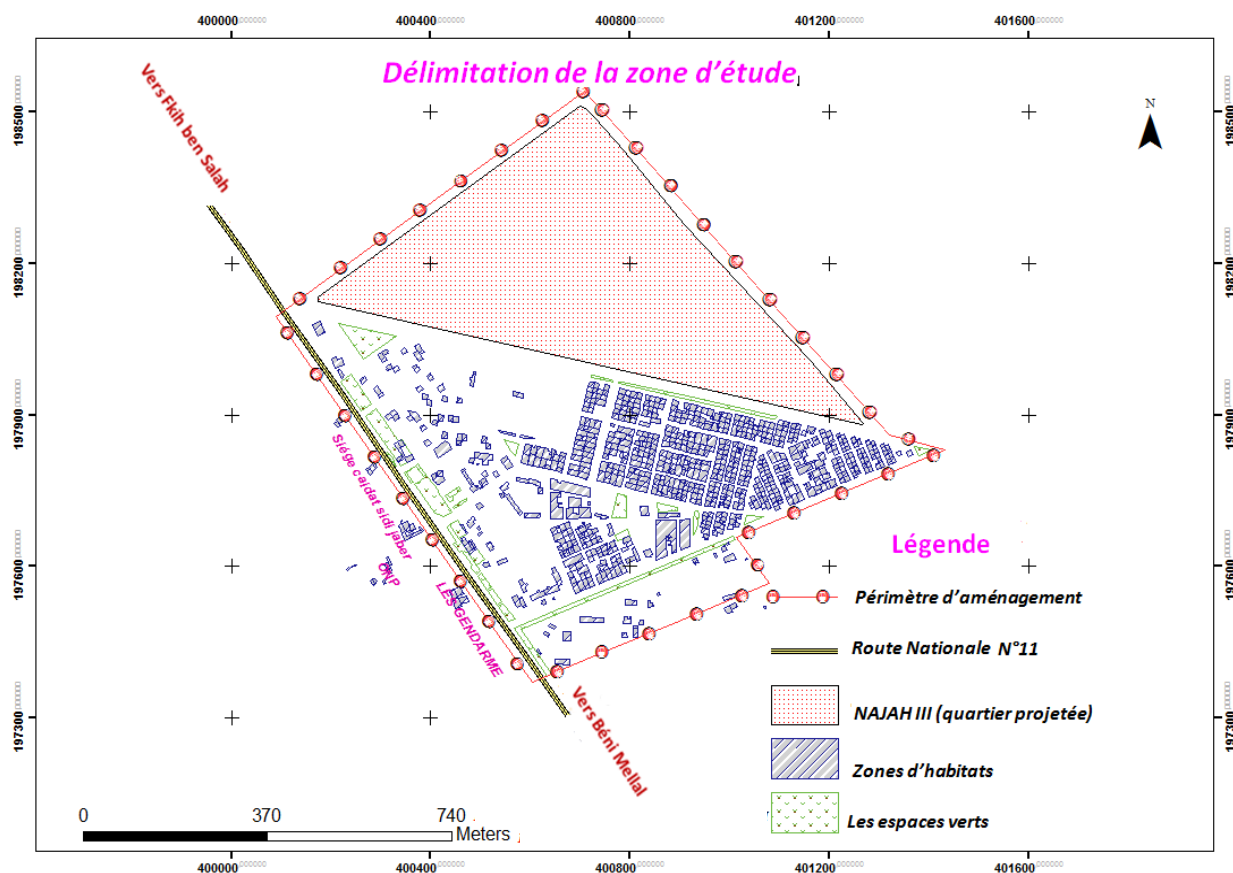


Figure 63 : Délimitation de la zone d'étude

Tableau 23 : Surface et périmètre de la zone d'étude

Nom des quartiers	Surface (m)	Périmètre (Km)
CAIDA	1256,75384	141,166783
ONEP	2366,424356	214,281148
LES GENDARAMES	4498,43948	274,196677
SOUK	8032,074036	357,252195
NAJAH II	36350,891001	798,171928
TERRAIN VIDE	27189,990242	882,745488
NAJAH I	41604,725906	953,509041
NOUVEAU QUARTIER	53243,060251	1217,06115
PAM	62832,63272	1349,469091
ADMINISTRATIVE	147380,813787	1668,642977
Najah III	277035,866789	2619,871688

2. Délimitation des quartiers de la zone d'étude

a. Plan général du centre Sidi Jaber :

Le plan d'aménagement du centre de Sidi Jaber sous-forme de papier, une fois scanné, digitalisé et géoréférencié, devient numérisé sur PC et sera plus facile à l'utiliser.

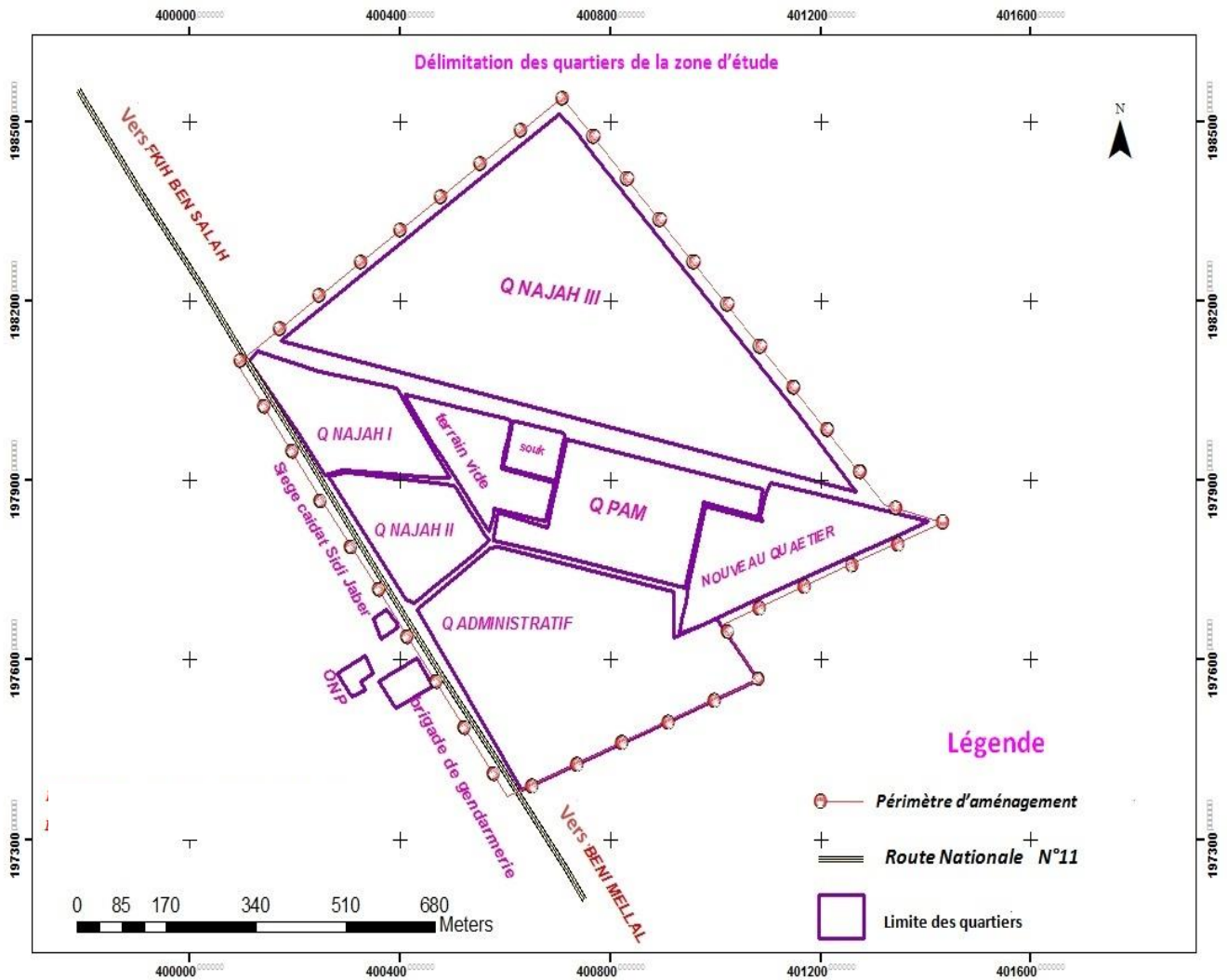


Figure 64 : Délimitation des quartiers du centre Sidi Jaber

b. Plan par quartier du centre Sidi Jaber :

Après avoir géo-référencié le plan général de la zone d'étude, on a passé à numériser quartier par quartier :

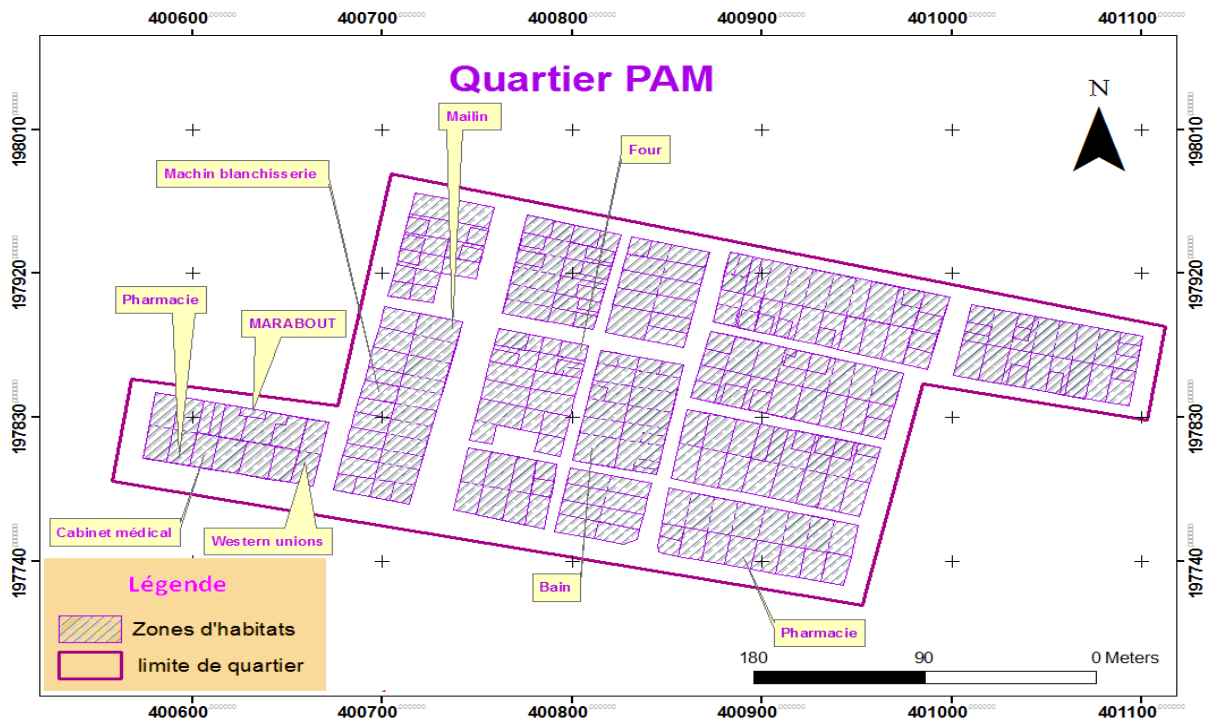


Figure 65 : Carte de délimitation du quartier PAM

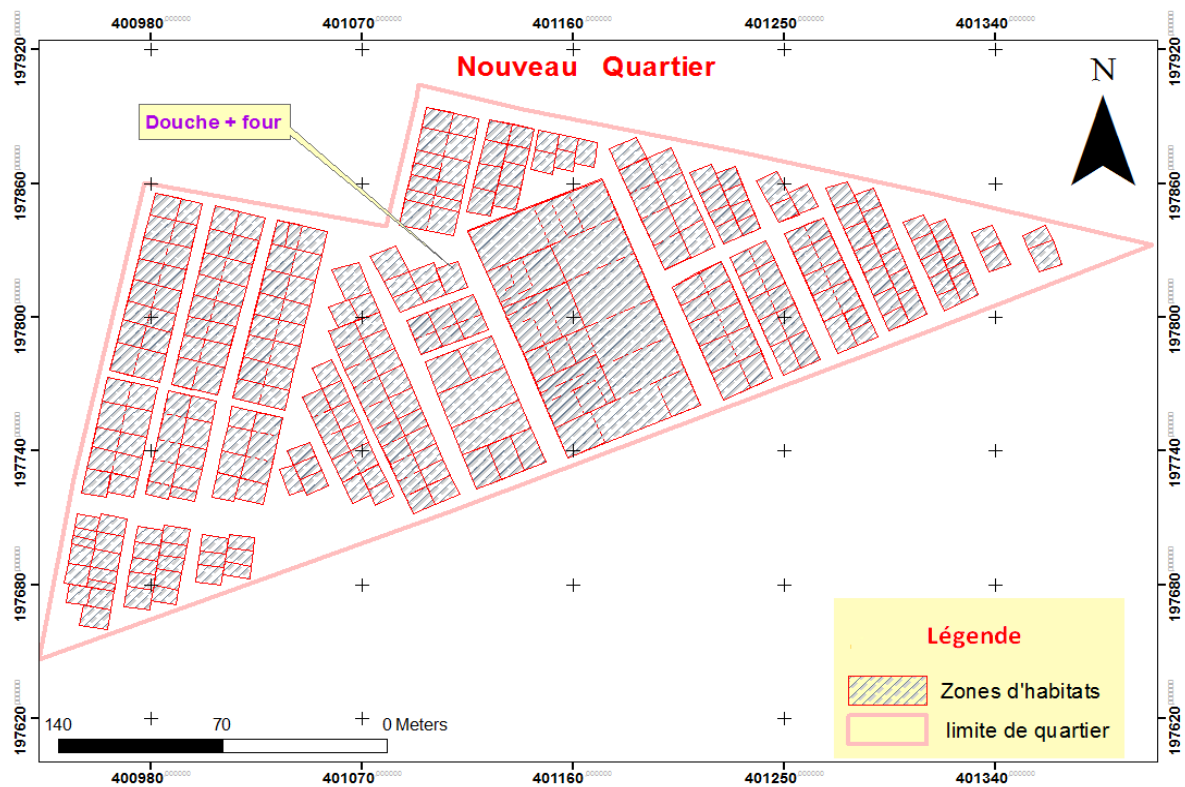


Figure 66 : Carte de délimitation du NOUVEAU QUARTIER

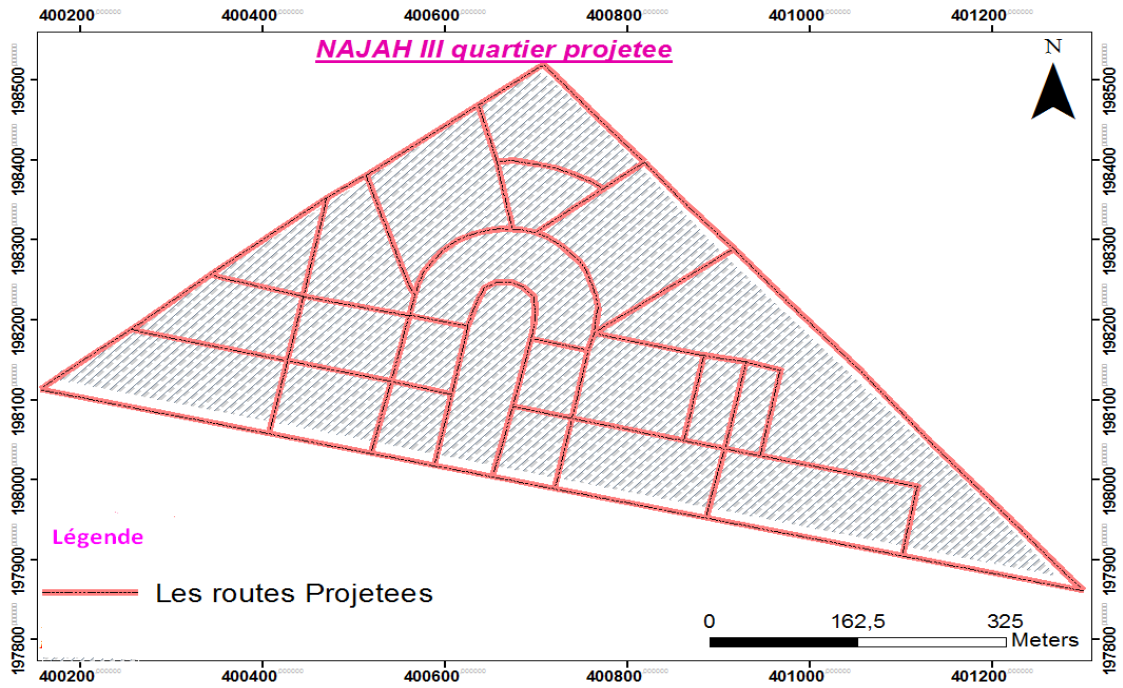


Figure 67 : Carte de délimitation du quartier NAJAH III

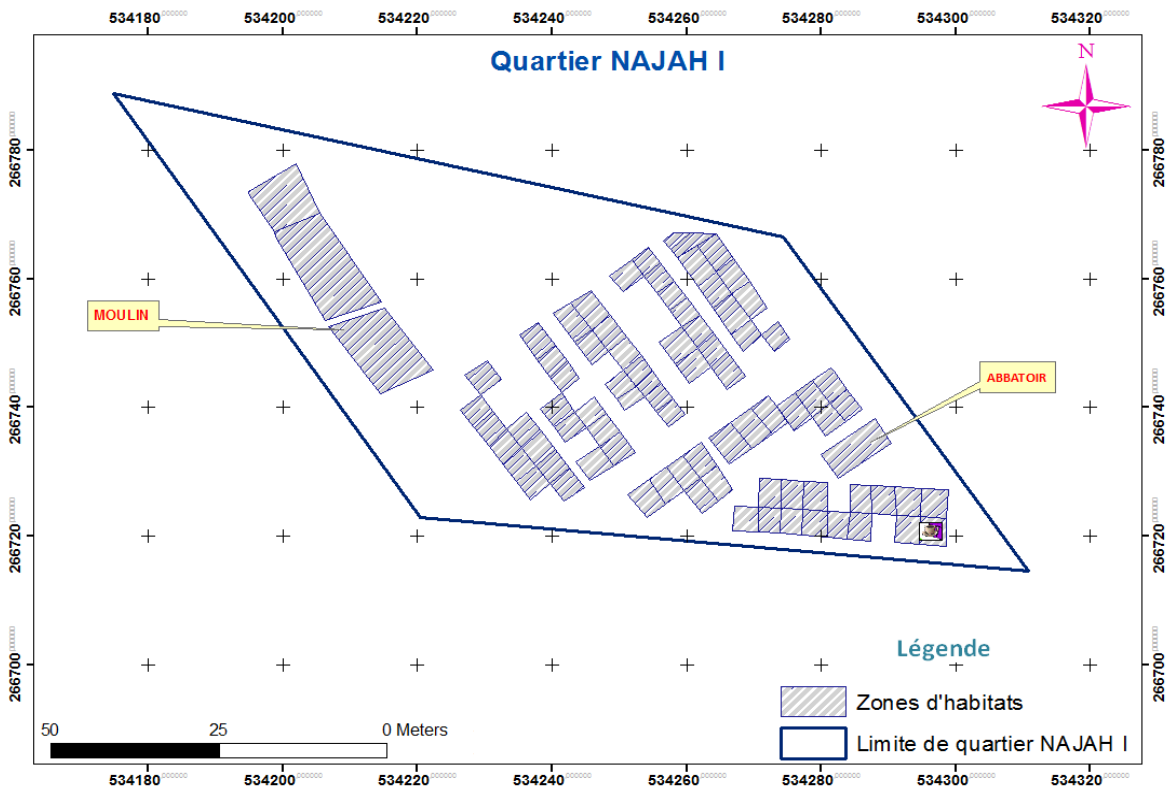


Figure 68 : Carte de délimitation du quartier NAJAH I

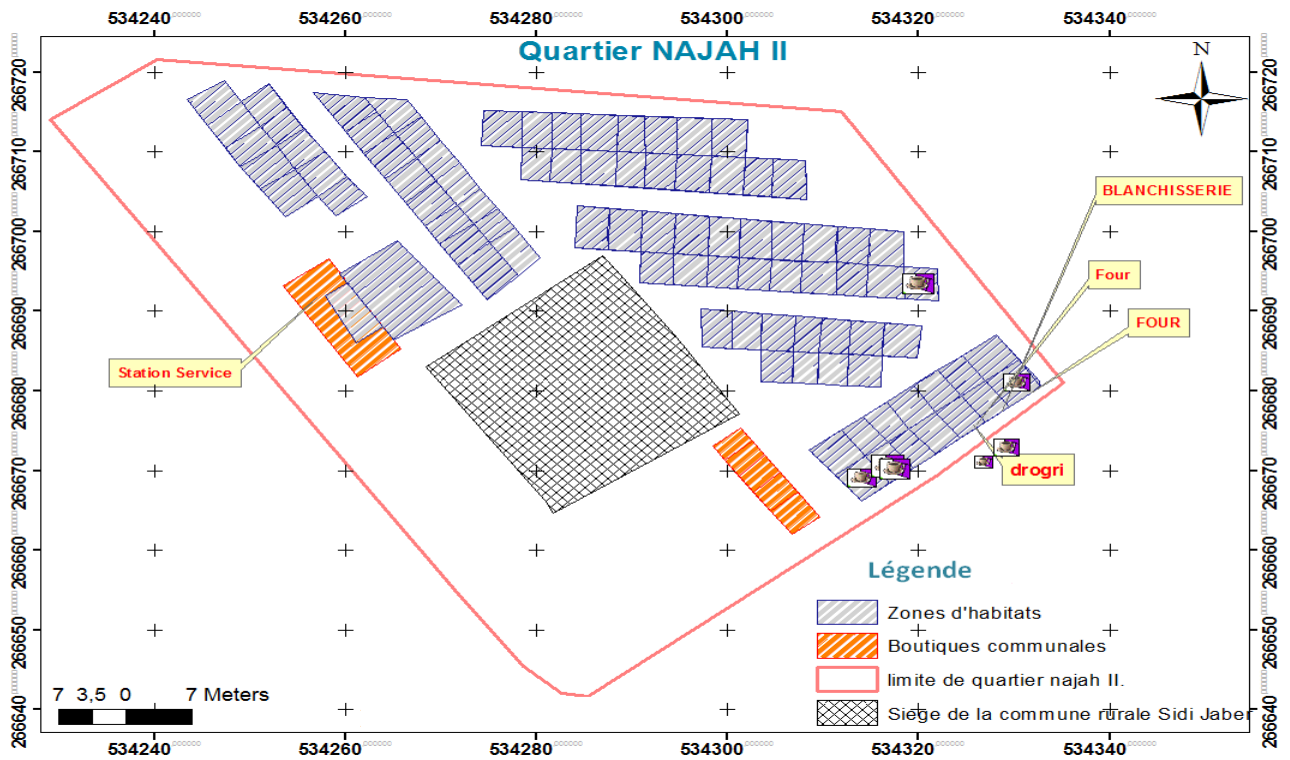


Figure 69 : Carte de délimitation du quartier NAJAH II

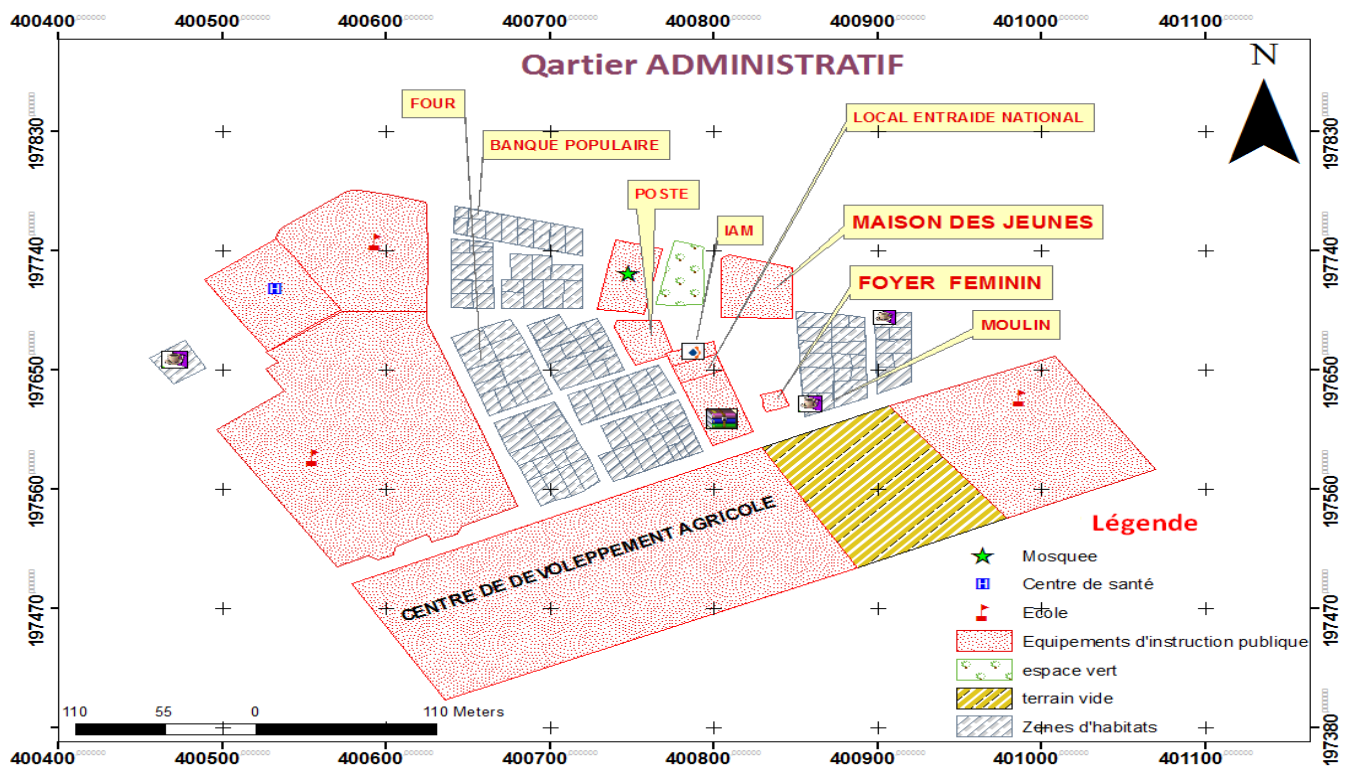


Figure 70 : Carte de délimitation du quartier ADMINISTRATIF

3. Nombre d'habitat par quartier et densité populaire :

Une enquête a été réalisée pour déterminer le nombre d'habitat (vide ou résident) et par la suite le nombre d'habitant par quartier et par centre. Ce qui nous a permis de déduire la densité populaire par quartier (quartier Jdid le plus peuplé et Najah1 est le moins dense).

Tableau 24 : nombre d'habitat par quartier du centre Sidi Jaber

Quartier	Superficie en m ²	Nombre des maisons			Nombre De ménages	Nombre d'habitants
		vides	Résidentes	TOTAL		
Administratif	1556,2847	5	110	115	216	1080
PAM	859,3302	18	250	268	420	2100
Najah 1	414,0746	31	49	80	80	400
Najah 2	487,3617	24	58	82	100	500
Hay Jdid	723 ,3060	5	317	322	384	1920
Totale	661791,666	83	784	867	1200	6000

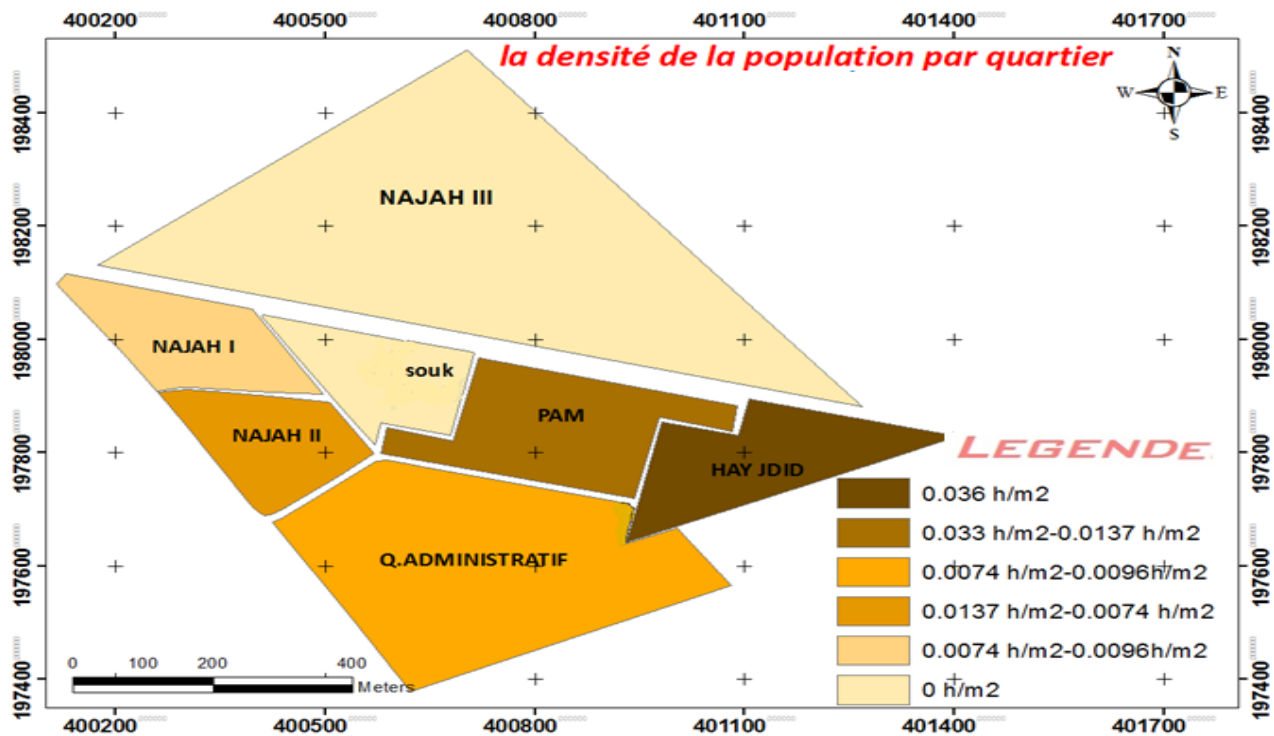


Figure 71 : Carte de la densité populaire par quartier de la zone d'étude

II. PRESENTATION DU SERVICE CHARGE DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE

1. Moyens humains :

Le service chargé de l'assainissement liquide dans la commune rurale Sidi Jaber, tourne actuellement avec un effectif d'un technicien et de deux éboueurs.

2. Moyens en matériels :

Des moyens en matériels modestes pour accomplir la gestion de l'assainissement liquide dans la commune rurale de Sidi Jaber.

3. Réseau d'alimentation en eau potable :

- ✚ L'alimentation en eaux potable du centre Sidi Jaber se fait par quatre forages dont leurs distributions sont indiquées par la figure suivante ;
- ✚ La consommation moyenne d'eau potable est 450 m³/j ;
- ✚ Le taux de participation au réseau d'AEP est 100% ;
- ✚ Il est à signaler que le centre de Sidi Jaber est enclavé par des terrains agricoles domaniaux. Ce qui fait que la seule projection de réseau d'AEP est en cours de réalisation au lotissement d'habitat NAJAH3.



Figure 72 : Réseau d'alimentation en eau potable du centre Sidi Jaber

4. Réseau d'assainissement :

- ✚ Le type de réseau d'assainissement est unitaire ;
- ✚ Lieu de rejet : drain à ciel ouvert ;
- ✚ Réseau d'assainissement actuel et les réseaux projetés du centre Sidi Jaber son indiqués dans la figure 6.

III. CARACTERISTIQUES ET TYPOLOGIE DES EAUX USEES DU CENTRE SIDI JABER

1. Critères physiques

On a effectué une sortie au terrain pour déterminer les paramètres de qualité des eaux usées et des eaux souterraines qui se trouvent au voisinage du drain Ouerna ; principal collecteur de ces déchets. Ces paramètres sont : la température, le pH, la salinité, la conductivité électrique, les nitrates et la matière organique.

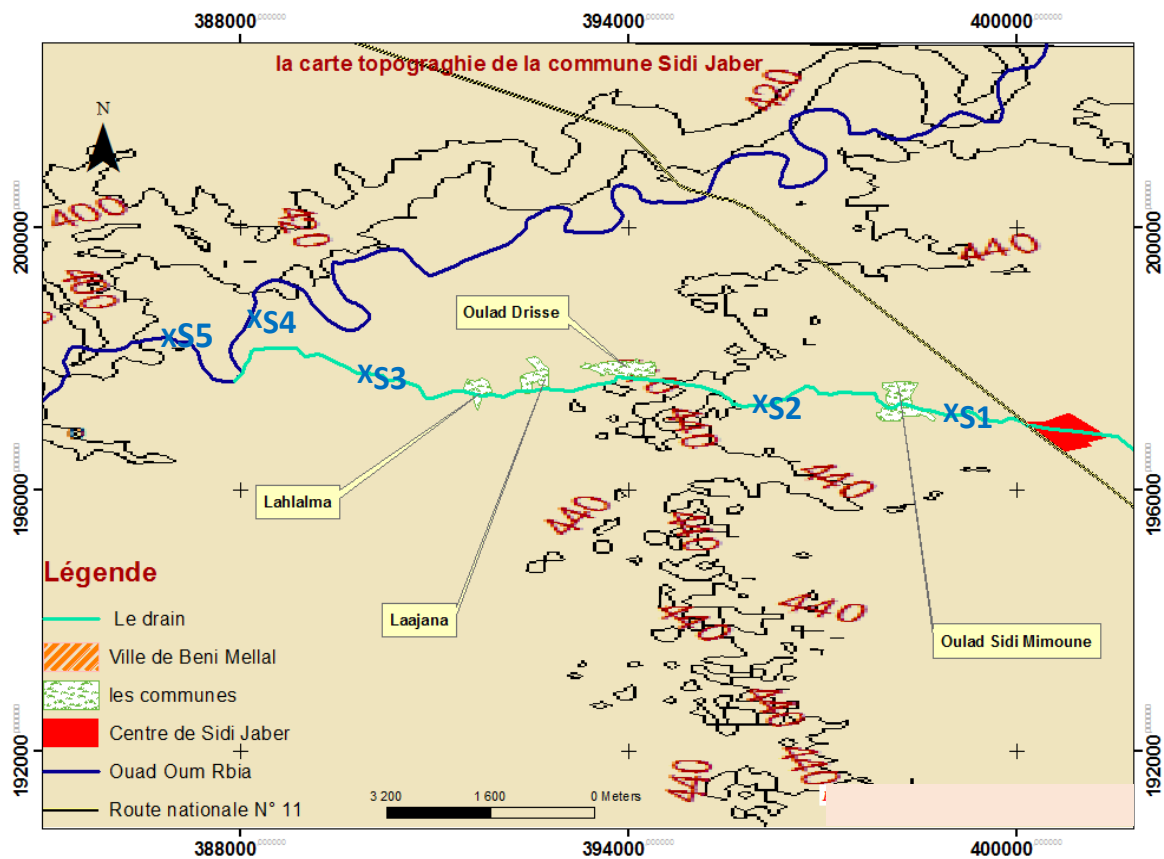


Figure 73 : Stations contrôlées le long du drain recevant les eaux usées

Le tableau suivant montre les valeurs des teneurs des paramètres physiques:

Tableau 25 : Les critères physiques des eaux usées du centre Sidi Jaber

ID	Coordonnées	CE ₂₀ (µs/cm)	pH	RS (mg/l)
Station 1 d'EU	32 22 519 N 0627724 W	2378.84	7.25	1517,34
Station 2 d'EU	32 22 978 N 06 33 357 W	1536.46	7.31	983,34
Station 3 d'EU	32 23 362N 0635 709 W	1091.49	7.43	698,56
Station 4 (OER Amont)	3226247 N 0631397 W	1860.83	8.16	1190,94
Station 5 (OER Aval)	32 23 306 N 06 35733W	1831.96	8.01	1172,46

NB : Minéralisation = RS (mg/l)=0,688* CE₂₀ (J. Rodier, 1996) avec CE₂₀ : la conductivité électrique à 20°C.

2. Critères chimiques

On s'est basé sur la mesure de deux paramètres chimiques : NO₃⁻ et DBO₅, dont les résultats sont les suivants :

Tableau 26 : Les critères chimiques des eaux usées du centre Sidi Jaber

ID	Coordonnées	NO ₃ ⁻ (mg/l)	DBO ₅ (mg o ₂ /l)
Station 1 d'EU	32 22 519 0627724 W	65	305
Station 2 d'EU	32 22 978 N 06 33 357 W	53	285
Station 3 d'EU	32 23 362N 0635 709 W	40	190
Station 4 (OER Amont)	3226247 N 0631397 W	59	53
Station 5 (OER Aval)	32 23 306 N 06 35733W	57	74

3. Typologie des eaux usées :

En absence d'activités industrielles, le centre de Sidi Jaber rejette des eaux usées de type domestique.

IV. EVOLUTION ET PROJECTION DE LA CHARGE POLLUANTE LIQUIDE DE SIDI JABER

Au Maroc, le développement démographique et socio-économique engendre un volume d'eaux usées de plus en plus important.

Le centre Sidi Jaber n'échappe pas à cette problématique, étant donné que ses eaux usées brutes continuent, à ce jour, à être déversées dans la nature et réutilisées en irrigation, ce qui génère des impacts négatifs sur l'environnement et la santé des personnes. Ce problème est par ailleurs accentué avec l'insuffisance de moyens en matériels et de ressources humaines qualifiées.

1. Volume mensuel d'eaux usées :

Pour finaliser la population en 2014, on a réalisé un recensement des habitants du centre de Sidi Jaber. Actuellement, la population du centre est environ 6000 habitants. Sachant, le taux de participation au réseau d'assainissement est 100% (commune Sidi Jaber, 2014). Chaque habitant consomme 87,67 l/j d'eau avec un taux de retour de 85% (ABHOER, 2005).

La matière organique exprimé en $DBO_5 = 350\text{mgO}_2/\text{l}$.

- La formule utilisée pour calculer le volume journalier d'eaux usées rejeté par le centre Sidi Jaber est la suivante :

$V_{EU/j/commune} = \text{consommation de chaque habitant} * \text{taux de retour} * \text{nombre d'habitants} * \text{taux de participation au réseau d'assainissement}$

$$V_{EU/J/commune} = 87,67 \text{ l/hab/j} * 85\% * 6000 \text{ hab} * 100\%$$

$$V_{EU/J/commune} = 447117 \text{ l/j}$$

- Le volume mensuel d'eaux usées rejeté par le centre Sidi Jaber

$$V_{EU/mois/commune} = 13413510 \text{ l/mois}$$

$$V_{EU/mois/commune} = 13413,51 \text{ T/mois.}$$

- Pour calculer la masse mensuelle de la matière organique rejetée par le centre de Sidi Jaber, on utilise la formule suivante :

$$M_{(DBO_5)/j} = \text{volume d'EU (l/J)} * \text{Concentration de } DBO_5 \text{ (mgO}_2/\text{l)}.$$

$$M_{(DBO5)/j} = 447117 \text{ l/J} * 350 \text{ mgO}_2/\text{l}.$$

$$M_{(DBO5)/j} = 156490950 \text{ mg/J} = 156490,950 \text{ kg/j}$$

$$M_{(DBO5)/\text{mois}} = 4694728,5 \text{ kg/mois} = 4694,7285 \text{ T/mois}.$$

2. Evolution annuelle :

La production des déchets liquides à Sidi Jaber augmente en fonction de l'augmentation de la population au cours du temps.

La projection de la population est basée sur la formule suivante :

$$P_n = P_0 (1 + T_a)^{(A_n - A_0)}$$

- Avec :
- P_n : la population projetée ;
 - P_0 : la population de référence ;
 - T_a : Taux d'accroissement;
 - A_n : l'année identifiée pour la projection ;
 - A_0 : l'année de référence.
- $T_a = 0.02$ (ABHOER, 2005)

Tableau 27 : Projection de la production des déchets liquides au centre de Sidi Jaber

	Population actuelle	Population projetée			
	2014	2018	2022	2026	2030
Nombre de population	6000	6494	7029	7608	8235
Volume d'EU produit(T/an)	160962,12	174214,6679	188567,1236	204099,9682	220920,5097

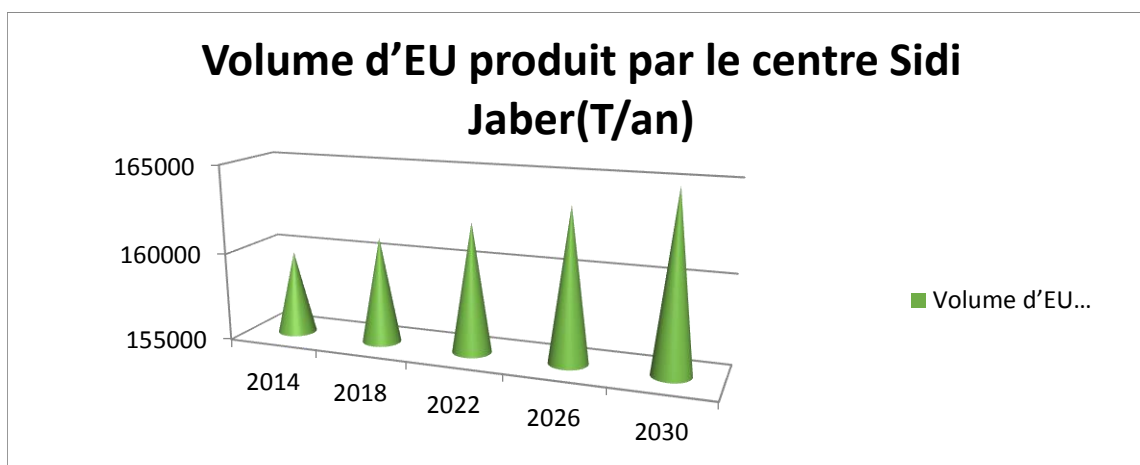


Figure 74 : Projection de l'évolution du volume d'eaux usées produit par le centre Sidi Jaber

V. ETUDE D'IMPACTS DES EAUX USEES SUR L'ENVIRONNEMENT

1- Impacts sur les ressources naturelles

a. Impact sur les eaux de surface :

Risque d'altération de la qualité des ressources en eau par les eaux usées du centre Sidi Jaber qui sont rejetées -sans aucun traitement préalable - dans un drain qui se dirige vers l'oued Oum Er-Rbia. Ce dernier remplit par la suite le barrage Al massera dont ses eaux sont destinées à l'alimentation de la ville du grand Casablanca et son entourage.

b. Impact sur les eaux souterraines :

Les matières organiques et toxiques s'infiltrent à travers le sol pour contaminer les eaux de la nappe phréatique de la région.

2- Impacts sur le milieu biologique :

a. La Faune et la Flore :

La contamination de la faune et la flore est majoritaire par les éléments polluants qui proviennent d'eaux usées.

3- Impact sur la qualité de l'air :

Le risque d'altération de la qualité de l'air par l'odeur et les gaz toxiques échappement des eaux usées, constitue un impact très négatif sur l'environnement

4- Impact sur la santé humaine et sur la qualité de vie de population :

Le dérangement des populations avoisinantes de l'émissaire grâce à l'odeur et les insectes, sur tout en été, et par conséquent la plus part de la population portent des lunettes et souffrent des maladies respiratoires et allergiques.



Figure 75 : Piqure des insectes causés par les eaux usées

5- Impact sur le paysage :

L'impact sur le paysage se manifeste par le changement de la morphologie du terrain.

6- Impact sur l'Agriculture :

Le risque d'endommagement des terres et des produits agricoles qui sont irrigués par les eaux usées brutes est très remarquable dans cette région.



Figure 76 : Irrigation des terrains agricoles par les eaux usées brutes

La matrice d'identification des impacts est comme suite :

Composantes	Sous composantes	S.S. composantes	ordre	Impacts négatifs	Impacts positif
physique	Eau	Eau de surface	1	-	+
		Eau souterrain	2	-	+
	Sol	Sol	3	-	+
	atmosphère	Air	4	-	+
Biologique	faune	Faune	5	-	+
	Flor	Flor	6	-	+
Humaine	social	Santé	7	-	+
		Sociale	8	-	+
	économique	Économique	9	-	+

Pour évaluer et quantifier les impacts des eaux usées de centre Sidi Jaber sur l'environnement, on fait une matrice dévaluation des impacts:

- Très faible : 1
- Faible : 2
- Moyen : 3
- Fort : 4
- Très fort : 5

Composantes	Sous composantes	S.S. composantes	ordre	Bilan	
				-	+
physique	Eau	Eau de surface	1	-5	
		Eau souterrain	2	-3	
	Sol	Sol	3	-3	
	atmosphère	Air	4	-4	
Biologique	faune	Faune	5	-2	
	Flor	Flor	6	-2	
Humaine	social	Santé	7	-5	
		Sociale	8	-1	
	économique	Économique	9	-1	
Bilan				-26/0	

A la lumière de cette matrice, l'émissaire des eaux usées a beaucoup d'impacts négatifs sur l'environnement.



Chapitre IV :

*CONCEPTION D'UNE STATION
D'EPURATION DES EAUX USEES*

I. BUT DE LA STEP

Le rejet d'eaux usées brutes, dans un milieu récepteur, en l'occurrence, un cours d'eau, peut causer des problèmes sanitaires sérieux pour les populations, compte tenu de l'importance des rejets qui traversent les douars de la commune, et des utilisations du cours d'eau en aval : abreuvement du bétail et irrigation, notamment en période de sécheresse.

Les eaux usées de la commune Sidi Jaber se déversent, sans aucun traitement préalable, dans le drain Ouerna et par la suite dans l'oued Oum Er Rbia tout en dégradant sa qualité.

Outre ces raisons amplement suffisantes, le présent projet relatif aux travaux d'assainissement de cette commune concerne la mise en place d'une station d'épuration des eaux usées. Celle-ci trouve sa justification à travers les objectifs principaux suivant :

- Restaurer et préserver la qualité du drain Ouerna, qui demeure jusqu'à présent le milieu récepteur le plus sollicité, pour recevoir les rejets de la commune et les déverser par la suite dans l'Oued Oum Er Rbia;
- Prévoir, avec les propriétaires, la vidange et le remblaiement des puits perdus et des fosses, pour éviter les risques de pollution des eaux souterraines ;
- Traiter efficacement les rejets des eaux usées, de façon à satisfaire aux exigences environnementales de protection des milieux récepteurs hydriques.

II. CHOIX DU SITE FAVORABLE

Le choix des sites d'implantation de la STEP doit respecter le guide adopté par le ministère de l'environnement (**Coopération Maroc-Allemande -GTZ – PGPE, 2002**). La recherche de sites doit généralement suivre une façon de procédure commune. En premier lieu un catalogue de critères d'exclusion relatifs aux intérêts concurrents devrait être dressé. Dans le cadre de présélection de site le terme « exclusion » signifie que des critères de sélection conditionnent à priori l'exclusion d'une zone comme absolument inappropriée, car dans une telle zone l'emplacement d'une décharge causerait d'importantes nuisances pour l'environnement qui ne peuvent ni être exclues ni être efficacement limitées. Lors de l'établissement des cartes thématiques à chaque thème peut être affecté " un rayon de sécurité " dans lequel on s'interdira l'emplacement d'une décharge. Les rayons de sécurité sont différents d'un thème à l'autre et d'un sujet à l'autre. Le choix du rayon de sécurité est fonction de l'importance du sujet et prend compte de plusieurs paramètres spécifiques au thème à titre d'exemple, on citera le cas des captages d'eau potable avec un rayon de sécurité de 2000 m afin d'éviter au moins le périmètre de protection ainsi que l'aire d'alimentation du captage. Ces rayons de sécurité différents d'un auteur à l'autre et d'un pays à l'autre.

Les critères d'exclusion ci-après ainsi que leurs rayons de sécurité (RS) ont été testés au niveau de trois sites (Guelmime, Larache et Chefchaouen) au Maroc, et la démarche suivie a donné des résultats satisfaisants.

1. La forêt et les réserves naturelles :

- Réserves forestières de valeur biologique (chêne liège) (RS = 300 m) ;
- Réserves forestières de valeur économique considérable (Pins) (RS = 300 m) ;
- Sites de repos d'oiseaux migrateurs ou parcs naturels (RS = 1000 m).

2. Les surfaces à vocations agricoles :

- Les surfaces agricoles à haut rendement (RS = 300m) ;
- Les surfaces vertes (RS = 300m) ;
- Les surfaces d'épandage de crue aménagées et traditionnelles.
- Périmètre irrigué actuel avec infrastructures importantes (RS = 300 m)
- Périmètre irrigué planifié avec infrastructures importantes (RS = 300 m)

3. L'eau :

- Les surfaces des retenues de barrage et leurs bassins versants ;
- Les puits privés (RS = 500m) ;
- Les surfaces d'acheminement des eaux superficielles ;
- Les principaux fleuves (RS =500m) ;
- Les sources thermales (RS = 2Km) ;
- Les sources (RS = 2Km) ;
- Les captages d'eau potable (RS = 1 à 2,5Km).

4. Les surfaces à contraintes socio-géographiques :

- Les sites à culte régional (RS = 500 m) ;
- Les habitations isolées et agglomérations (RS = 500 m) ;
- Les cimetières (RS = 500 m) ; - L'aéroport (RS = 5K m) ;
- Les routes goudronnées (RS = 300 m) ; - Les sites historiques (RS = 500 m) ;
- Les zones touristiques. Les surfaces à contraintes géologiques
- Les régions à failles géologiques (RS = 500 m) ;
- Les régions avec affleurement de l'aquifère principale.

Ces rayons de sécurité peuvent être revus à la baisse en fonction des conditions du milieu, de la topographie, de la disponibilité des terrains et de la volonté des communes et communautés concernées. A noter que cette restriction sur les RS ne doit en aucun cas œuvrer à l'encontre du principe général de l'exclusion dans le but de préserver l'environnement.

En tenant compte de ces conditions susmentionnées, un site a été identifié et ceci en concertation avec les responsables de la commune concernée. Ce site se situe au NNW du centre Sidi Jaber à environ 7 km de la limite de périmètre d'aménagement et à environ 3 km de la route nationale N°11. Le site choisi est un terrain collectif à deux pistes d'accès et se trouve à environ 1,5 km au NNW du douar Ouled Si Mimoune.

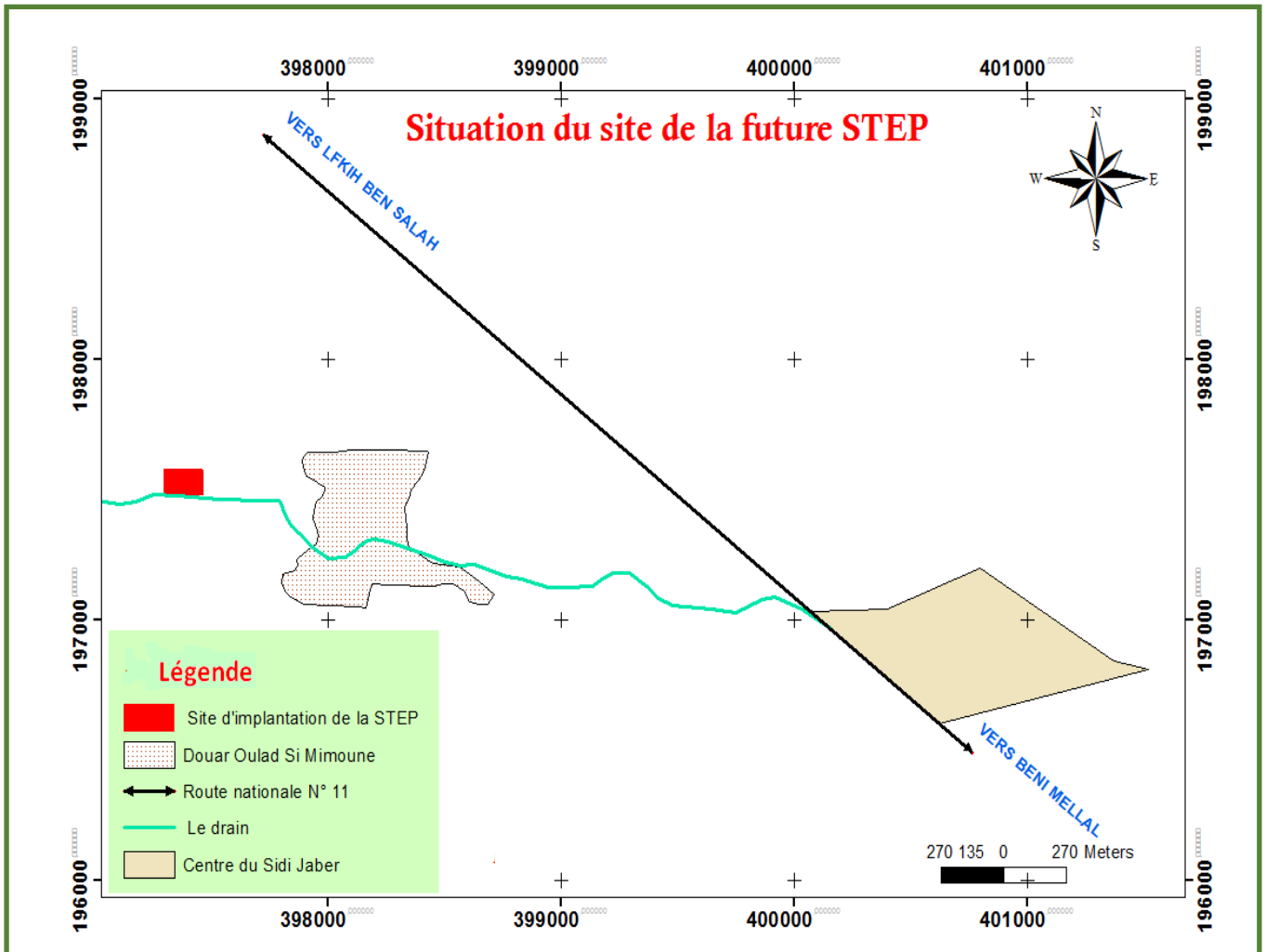


Figure 77 : Carte de situation du site de la future STEP

III. CHOIX DU SYSTEME ET DU TYPE DE STATION D'EPURATION

1. Choix du système de station d'épuration :

Les principaux critères pour le choix du procédé de traitement sont les suivants :

- ◆ Le système doit être bien connu et ayant fait l'objet de plusieurs applications qui ont donné de bons résultats ;
- ◆ Doit être plus simple possible pour permettre l'exploitation et l'entretien de la station de traitement par un personnel non spécialisé ;
- ◆ L'équipement électrique doit être réduit au minimum pour simplifier l'entretien et minimiser la demande des pièces de rechange ;
- ◆ Le coût de construction doit être raisonnable.

Vue les moyens modestes de la commune, le système de traitement qu'on peut adopter pour l'épuration des eaux usées du centre Sidi Jaber est le système extensif. Car ce dernier est naturel, écologique, rustique, récent et ne consomme pas d'énergie contrairement au système intensif.

2. Choix de type de station d'épuration :

La région d'étude se caractérise par un climat aride à semi-aride et avec une disponibilité des espaces libres. Ces conditions sont favorables pour un choix d'un type de station d'épuration simple et moins cher. Ce type de STEP, ce n'est que le lagunage à microphytes. Le lagunage consiste à épurer des eaux usées dans des bassins étanches à l'aide de microorganismes, d'algues ou de plantes aquatiques. C'est un traitement biologique, donc écologique, respectueux de l'environnement, facilité par les rayons solaires. Il constitue une alternative fiable, intéressante et assez peu coûteuse au traitement plus classique et physico-chimique des stations d'épuration habituelles et s'avère encore plus efficace dans l'élimination des substances pathogènes.

IV. CHOIX DES ETAPES DE TRAITEMENT

Le lagunage est généralement pratiqué en faisant passer des eaux usées, après dégrillage, dessablage et déshuilage, dans trois bassins successifs, voire davantage. Le traitement commence généralement dans une lagune anaérobie, se poursuit dans une lagune facultative et s'achève dans une lagune aérobie. Celle-ci peut, le cas échéant être remplacée ou suivie par une lagune à haut rendement.

Les étapes de traitement sont citées comme suit :

1. Prétraitement :

Avant l'entrée des eaux usées dans la première lagune, un prétraitement primaire est réalisé pour faciliter la suite des opérations. Le prétraitement permet une séparation mécanique simple de certains déchets de grandes tailles ou flottants, évitant ainsi un complément accéléré des lagunes.

On distingue trois procédés de prétraitement :

- Un dégrilleur : pour retenir les gros morceaux ;
- Un dessableur : qui permet le dépôt des sables et graviers au fond d'une chambre de tranquillisation, qui sert à diminuer la vitesse d'eau ;
- Une zone de déshuilage mécanique, qui permet de retenir les graisses et les déchets flottants.

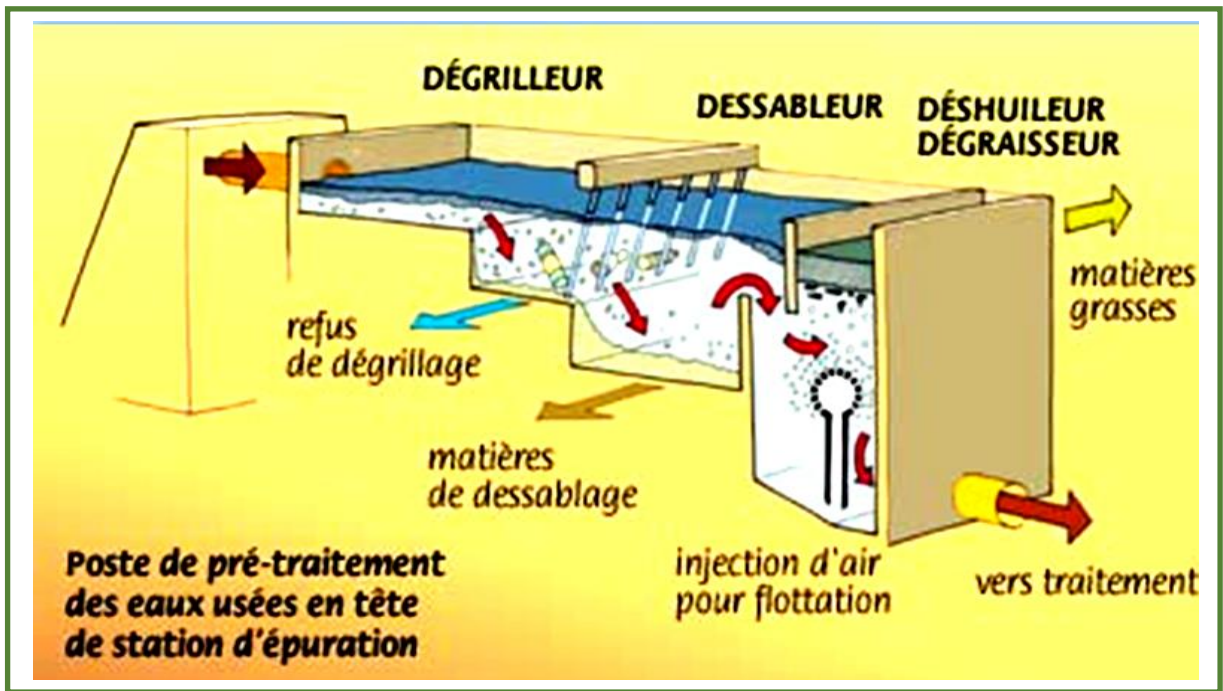


Figure 78 : Principe de prétraitement des eaux usées

2. Traitement par décantation :

Le traitement biologique par lagunage à microphytes se fait dans les bassins anaérobies, les bassins facultatifs et les bassins de maturation primaire et de maturation secondaire.

- Le bassin anaérobie :

Il est caractérisé par une profondeur importante (de l'ordre de 4m) pour favoriser la décantation et avec un temps de séjour moins courts (environ 5 jours). Les bassins anaérobies reçoivent les eaux usées brutes prétraitées et fortement chargées.

Les matières décantées des eaux usées se déposent sur le fond pour former des boues et subissent une digestion anaérobie (méthanisation) assurée par des bactéries anaérobies qui dégradent la matière organique en absence d'oxygène en la convertissant en méthane selon les processus suivants :

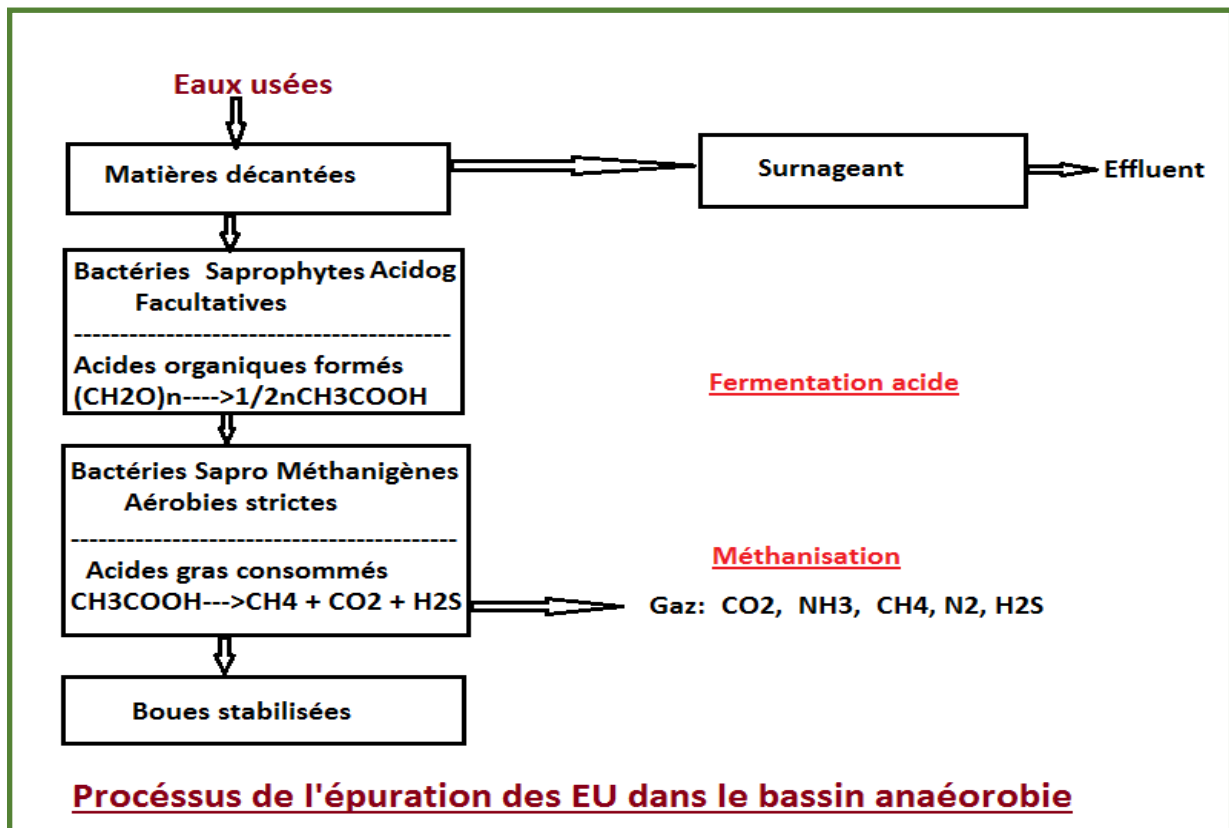


Figure 79 : Processus de l'épuration des EU dans le bassin anaérobie (ARIOUA, 2014)

3. **Traitement biologique :**

a- **Le bassin facultatif :**

Un bassin facultatif est caractérisé par un temps de séjours plus long (supérieur à 10j), il est moins profond qu'un bassin anaérobie (environ 1,5m de profondeur). Un bassin facultatif est un réacteur algo-bactérien dans lequel une sorte de symbiose s'instaure entre les algues et les bactéries aérobies. L'oxygène nécessaire à l'oxydation bactérienne aérobie vient d'une part des algues photosynthétiques et d'autre part de l'air à travers la ré-aération de surface (ré-oxygénation naturelle de la surface du bassin). Au fond du bassin, en absence d'oxygène c'est la méthanisation qui fait son travail.

NB : Les organismes aérobies et anaérobies travaillent ensemble pour atteindre des réductions de DBO jusqu'à 75%.

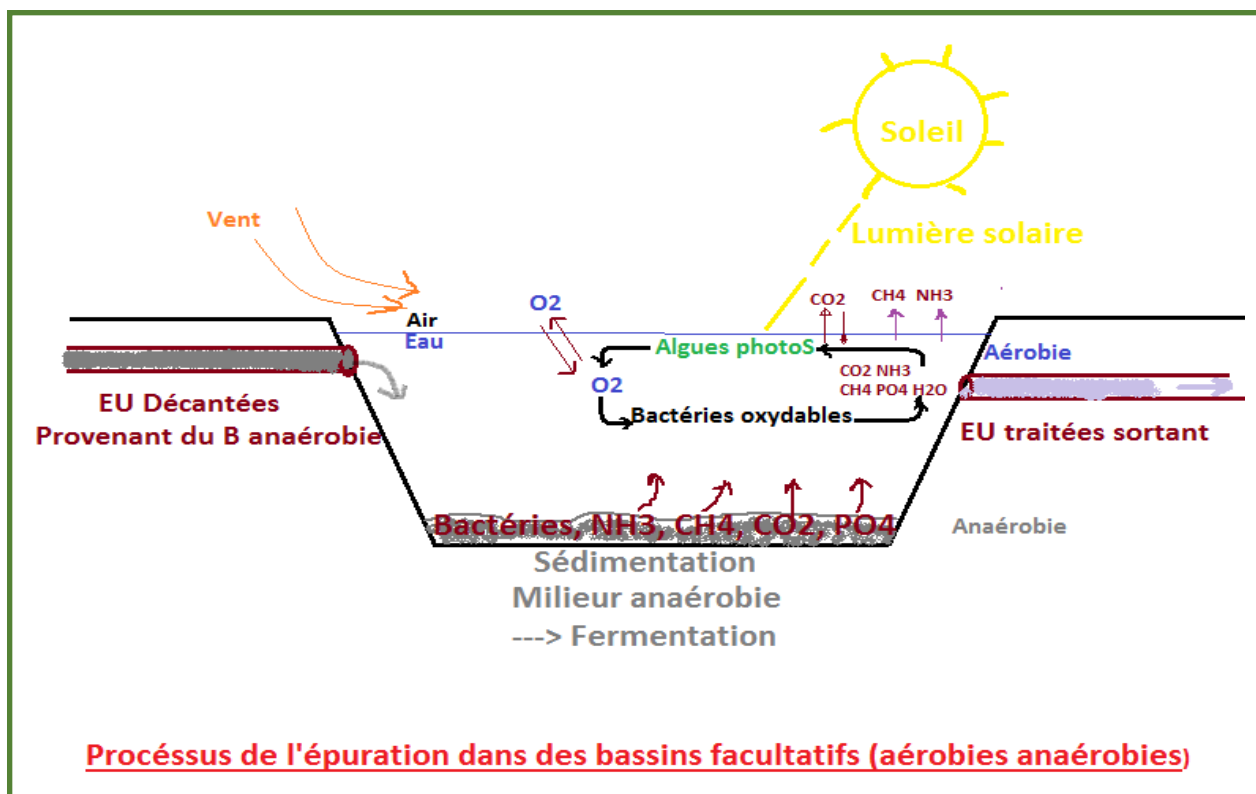


Figure 80 : Processus de l'épuration dans les bassins facultatifs (ARIOUA, 2014)

b- Le bassin de maturation:

C'est un bassin vient à compléter le traitement, son temps de séjours entre 5 et 10 jours, il est moins profond que les autres pour s'assurer que la lumière du soleil pénètre sur toute la profondeur dont l'objectif est de favoriser la photosynthèse excessive. Les bassins de maturation éliminent les germes pathogènes par effet létal sous l'action thermique.


Structure des bassins : Pour avoir un bon traitement des eaux usées et pour augmenter la durée de vie des bassins, plusieurs conditions à respecter :

- Une couche d'argile au fond du bassin : pour défavoriser l'infiltration;
- Une géo-membrane : pour assurer l'étanchéité du bassin ;
- Une géo-texture : pour protéger la géo-membrane ;
- Les roches : pour protéger les digues contre l'érosion ;
- Les digues sont inclinées de 45° : pour casser les vagues et faire sortir les vents;
- Les ouvrages de sortie : pour faciliter le déplacement des eaux usées.

4. Lits de séchage des boues :

Les lits de séchage des boues nécessitent une attention particulière, car ils concentrent les boues en fin de chaîne et retiennent les eaux d'essorage. A ce niveau, les opérations suivantes doivent être entretenues :

- _ Etalage des boues, selon l'épaisseur définie ;
- _ Drainage continue, par infiltration à travers le lit ;
- _ Recyclage des eaux d'essorage, en tête de chaîne.

 **Remarque :** Après l'épuration des eaux usées, une étude de réutilisation ou de valorisation des eaux usées épurées (EUE) doit être réalisée à fin que ces dernières deviennent une source de revenu, d'irrigation ou autres usages.

V. DATE DE LA CREATION ET DIMENSIONNEMENT DE LA STEP

En concertation avec le responsable de la commune, il a été mis en accord que la STEP sera créée en 2016 et par la suite, son dimensionnement va se baser sur la projection des données de la région jusqu'à ce délai.

Il est à signaler que la STEP sera dimensionnée selon le débit des eaux usées rejetées par le centre Sidi Jaber sans prendre en considération le débit des eaux pluviales, vu la réhabilitation de réseaux d'assainissement en système séparatif.

Dans ce cadre, trois scénarios de dimensionnement ont été testés à savoir :

- Scénarios 1 : la STEP occupera une surface petite donc les EU ne seront pas bien épurées à savoir que le temps de séjours des bassins est court ;
- Scénarios 2 : la STEP occupera une surface moyenne, donc l'épuration des EU est optimale car le temps de séjours des bassins est moyen ;
- Scénarios 3 : La STEP a une surface grande et un temps de séjours long donc les eaux usées sont bien épurées, mais la chaîne de traitement est tardive.

La comparaison des trois scénarios identifiés pour le dimensionnement de la STEP est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 28 : les trois scénarios de dimensionnements de la STEP

	Scénario 1			Scénario 2			
	B. anaérobique	B. facultatif	B. maturation	B. anaérobique	B. facultatif	B. maturation	B. anaérobique
TSJ (j)	6	14	7	7	15	8	8
Volume (m ³)	2790.92	6512.1532	2790.92	3256.0766	6977.307	3256.0766	3721.2
Surface (m ²)	697.73	4341.43	2713.937	814.019	4651.538	3101.025	930.307
Longueur (m)	37.34	93.18	73.66	40.34	96.44	78.74	43.12
Largeur (m)	18.67	46.59	36.83	20.17	48.22	39.37	21.56

✓ Il est à signaler que les eaux usées traitées seront réutilisées pour irriguer les terrains agricoles au voisinage de la STEP (recommandation de la commune de Sidi Jaber).

D'après la comparaison présentée ci-dessus nous pouvons conclure que le scénario 2 est plus favorable pour l'implantation de la STEP du faite qu'il demande une surface optimale avec un temps de séjour moyen. Un schéma préliminaire de la STEP a été proposé :

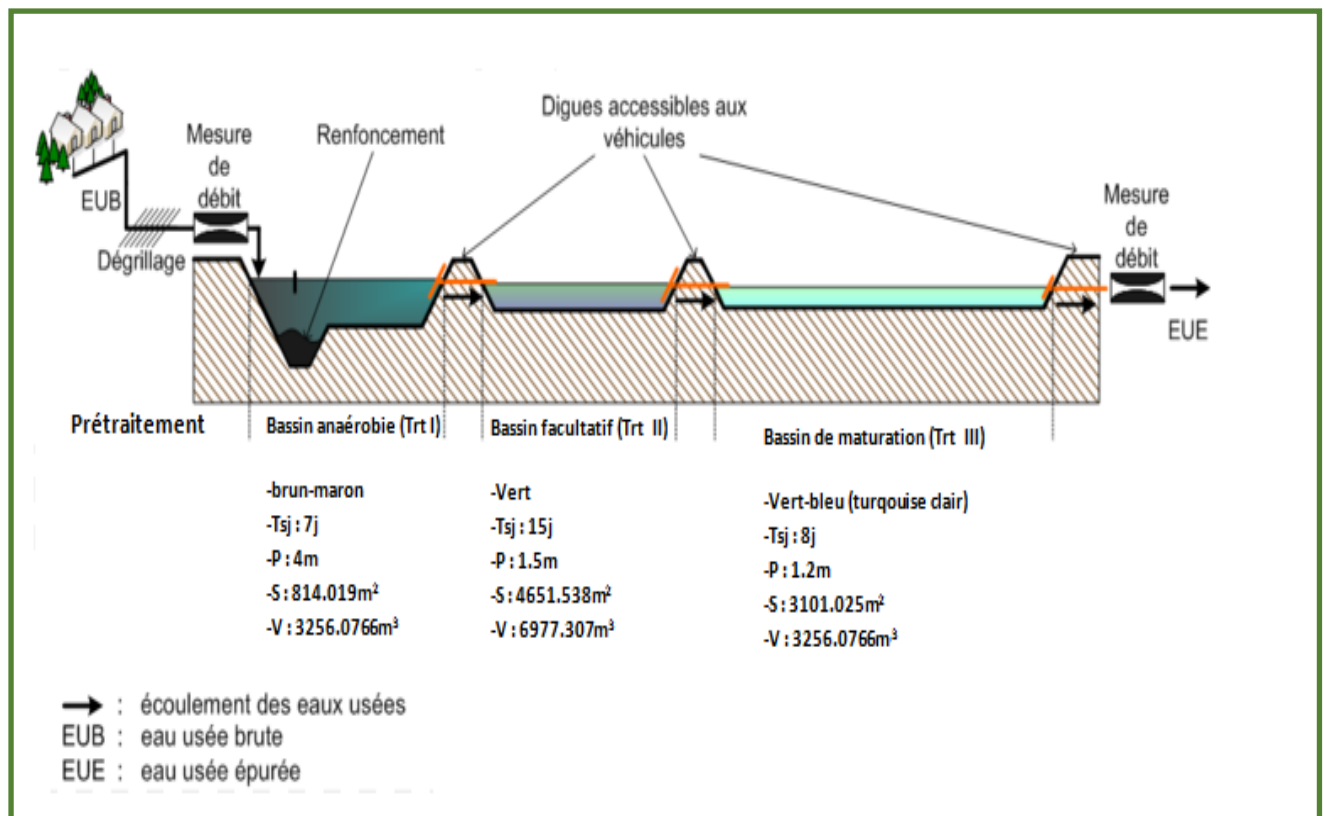


Figure 81 : Coupe transversale schématique des bassins de la STEP

VI. SURFACE DEMANDEE POUR LA STEP

La surface d'une STEP est en fonction de disponibilité de terrain, le coût de ce dernier et le budget de la commune.

Pour déterminer la surface de chaque bassin, on applique les formules suivantes :

- $T_{sj} = V/Q$ avec T_{sj} = temps de séjour, V = volume du bassin et Q = débit transitant le bassin
- $V = S \cdot P$ avec V = volume du bassin, S = surface du bassin et P = profondeur moyenne du bassin
- $S = L \cdot l$ avec S = surface du bassin, L = longueur du bassin et l = largeur du bassin ($L = 2l$)

Tableau 29 : la surface demandée pour la STEP

Compartiment de la STEP	Surface (m ²)	
Prétraitement	12	Surface nette
Total des bassins	8566,582	
Lits de séchage	1628,025	
Espaces vert	21769,79	Surface ajoutée
Les voiries	2073,68	
Espaces vides	9065,1556	
Local de gardien	9	
Bâtiments d'exploitation	48	Surface brute (totale)
Total	43172,232	

VII. DUREE DE VIE DE LA STATION D'EPURATION

Pour déterminer la durée de vie de chaque bassin, on applique la formule suivante $T_{sj}=V/Q$ et on fait varier le débit projeté en fonction des années jusqu'à que le temps de séjour sorte de son intervalle de confiance. A ce moment là, la durée de vie s'achève.

Nous avons déjà opté pour le scénario N°2 pour le dimensionnement de la STEP ; alors la durée de vie de chaque bassin est présentée ci-après :

Tableau 30 : projection de la durée de vie de chaque bassin en fonction du T_{sj}

	T_{sj} (jours)	Durée de vie de la STEP
Bassin anaérobique	6	2026
	7	2033
	8	2039
Bassin facultatif	14	2033
	15	2037
	16	2040
Bassin de maturation	7	2033
	8	2039
	9	2046

Il est à signaler que dans le cas où les bassins d'épuration seront saturés en boues (durée de vie s'achève), on va procéder à l'une des deux solutions suivantes:

- pomper de la boue, par refoulement, vers les lits de séchage ;
- ou faire fonctionner les bassins de réserves au moment de curage des premiers.

VIII. SCHEMA CONCEPTUEL DE LA STEP

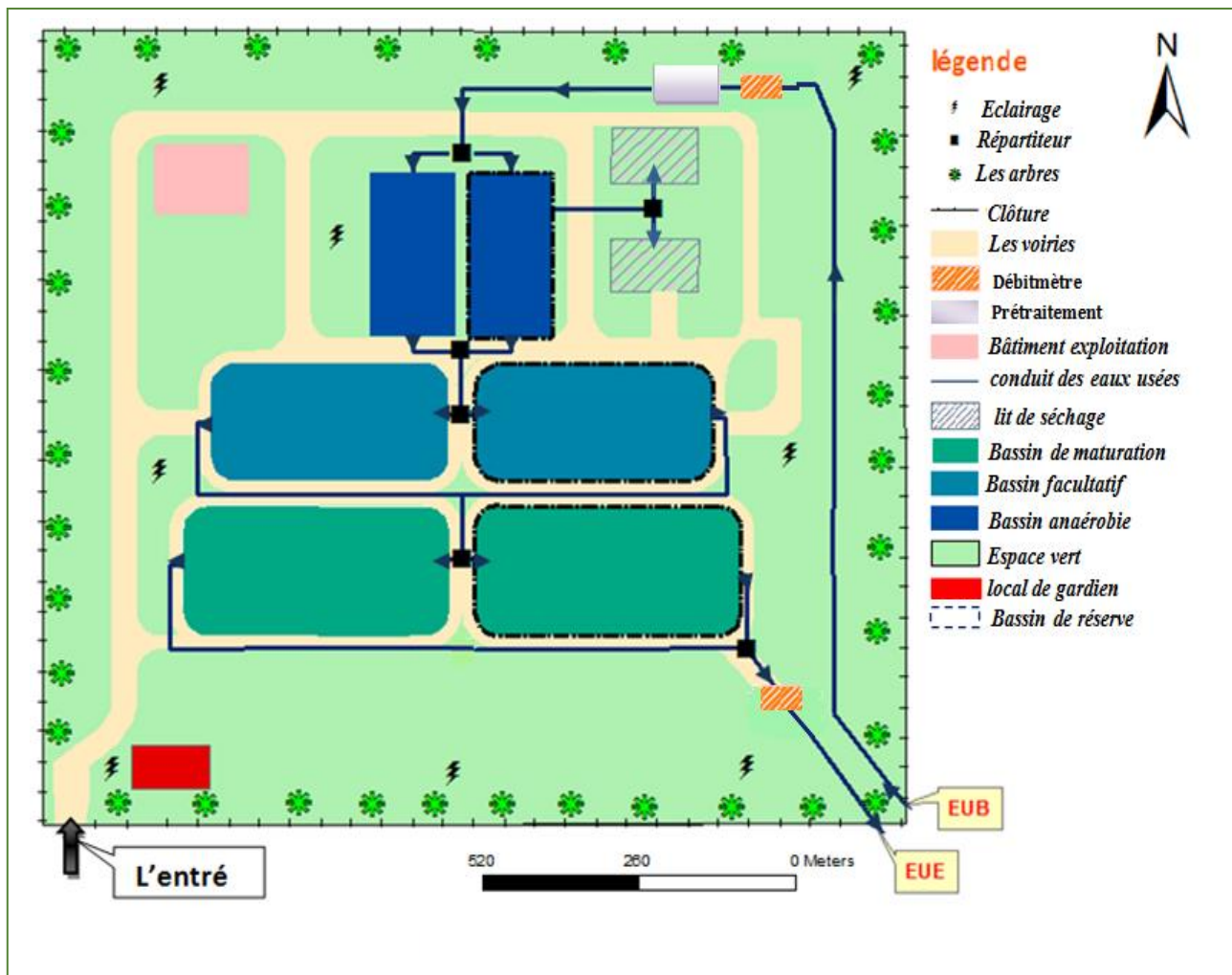


Figure 82 : schéma conceptuel descriptif de la STEP en projet

Tableau 31 : dimensionnement de la station d'épuration

TSJ (j)	B. anaérobique	7
	B. facultatif	15
	B. maturation	8
Volume (m ³)	B. anaérobique	3256.0766
	B. facultatif	6977.307
	B. maturation	3256.0766
Surface (m ²)	B. anaérobique	814.019
	B. facultatif	4651.538
	B. maturation	3101.025
Duré de vie (an)	B. anaérobique	17
	B. facultatif	21
	B. maturation	23
Eq EU	74,52 l/hab/j	
Q	465,15m ³	
Population de Sidi Jaber en 2016	6024	

IX. ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DE LA STEP

1- Impacts positifs de la STEP :

Les impacts positifs significatifs peuvent être listés comme suit :

- La réalisation du projet entrainera la suppression des stagnations et débordement des eaux usées et l'amélioration du bien être de la population bénéficiaire ;
- La construction du projet permettra de protéger les nappes contre la pollution;
- Amélioration de cadre de vie des populations qui vont bénéficier d'une ressource non polluée aura des répercussions sociales importantes et un impact sur l'exode rural ;
- Le projet aura des retombées économiques positives par la création de nombreux emplois au moment de la phase des travaux et en main d'œuvre permanente en phase d'exploitation.
- Le projet contribuera à la restauration de la qualité du sol surtout au niveau des douars avoisinant de drain.

2- Impacts négatifs de la STEP :

- La phase de pré-réalisation du projet a des impacts négatifs lors d'installation du chantier, de l'aménagement des pistes d'accès à la STEP et de la circulation des engins ;
- Pour la phase d'exploitation ont aura des impacts d'odeur, de prolifération et d'insectes.

La matrice d'évaluation des impacts est présentée dans le tableau suivant :

- Très faible : 1
- Faible : 2
- Moyen : 3
- Fort : 4
- Très fort : 5

Matrice d'évaluation des impacts du projet d'assainissement du centre Sidi Jaber			Phase des travaux			Phase d'exploitation		bilan	
			Travaux sur réseaux existants	Réalisation de la STEP	déversoirs	Interception des EU	Traitement le lagunage	Positif	Négatif
Milieu physique	Eaux	Eau de surface	-2	-1		5	5	10	-3
		Eau souterrain	-2			5	5	10	-2
	Sol	Sol	-2	-2	-2	3	3	6	-6
	Air	Odeur	-4			4	-5	4	-9
		Poussière	-2	-2	-2				-6
		Bruit	-2	-2	-2				-6
Milieu biologique	Faune				3	3	6		
	Flora				3	3	6		

Milieu Humain	Sociale	Sécurité	-2	-2			-3		-7
		Qualité de vie	-2			3	3	6	-2
	Economique	Economie	3	3	1	2	2	11	
	Santé	Santé	-2			5	5	10	-2
BILAN			-35/7			-8/62		-43/69	

N.B : le bilan des impacts calculé englobe aussi bien la phase d'exploitation et la phase des travaux du projet (phase provisoire). Donc le bilan exact sera très positif après la fin de la phase des travaux.

X. DISCUSSIONS

La croissance régulière de la population et le changement des modes de production et de consommation de la population du centre Sidi Jaber, entraînent une production de plus en plus importante de déchets.

En effet, les eaux usées de la commune, qui proviennent essentiellement des activités domestiques et agricoles, se jettent dans un drain pour les véhiculer vers l'oued Oum Er-Rbia sans aucun traitement préalable. Ce qui provoque la dégradation de la qualité des diverses composantes du système environnemental (air, eau et sol) et par la suite la santé humaine.

Pour pallier à ce problème, on a suggéré de faire une station de traitement des eaux usées.

XI. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Il est donc nécessaire et important d'en garantir la disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental. La pénurie des ressources en eau au centre Sidi Jaber et au Maroc en général ne fait qu'accroître. De ce fait, il est apparu urgent de réduire la consommation et de préserver la ressource en eau, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, en associant l'utilisation rationnelle de ces ressources en eau naturelles à d'autres sources d'approvisionnement non conventionnelles.

Pour remédier cette situation critique, il faut une réhabilitation du réseau d'assainissement du centre, et la construction d'une station d'épuration des eaux usées. Ce projet permettra une très

forte diminution des risques de contamination des ressources de la région et en particulier les ressources en eau et par la suite une protection de la santé publique.

Pour la commune, il est recommandé de :

- commencer et accélérer les travaux de la réalisation de la STEP ;
- réhabiliter le réseau d'assainissement du centre ;
- prévoir un réseau d'assainissement pour l'agglomération avoisinante à la STEP (douar Ouled Ssi Mimoune) ;
- sensibiliser les agriculteurs à la réutilisation des eaux usées épurées, au cas où un projet de valorisation des eaux est prévu pour ce centre.

Pour le service chargé de la gestion des déchets dans la commune, il est recommandé de :

- intégrer l'utilité de la géomatique notamment le Système d'Information Géographique (SIG), l'Autocad et le récepteur GPS pour la bonne gestion des eaux usées ;
- former et motiver le personnel chargé de la gestion des déchets.

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet d'assainissement de Sidi Jaber, la réutilisation des eaux usées épurées est particulièrement recommandée pour participer à une gestion rationnelle des eaux dans la région et pour éviter les rejets vers l'Oued Oum Er Rbia.

XII. ESSAIS DE CONCEPTION DES STEPS D'AUTRES COMMUNES

Bradia, Oula Yâich, Afourar

La même méthodologie adoptée pour conceptualiser les stations d'épurations des eaux usées des communes : Bradia, Ould Yâich et Afourar. Donc pour se faire et en concertation avec les responsables de ces communes, on a proposé :

- Une réhabilitation du réseau d'assainissement ;
- Un choix du bon site de la STEP ;
- Un choix d'un système d'épuration et le type de traitement ;
- Une superficie de la STEP en tenant compte la charge polluante journalière sortante de chaque agglomération et la durée de vie souhaitée.

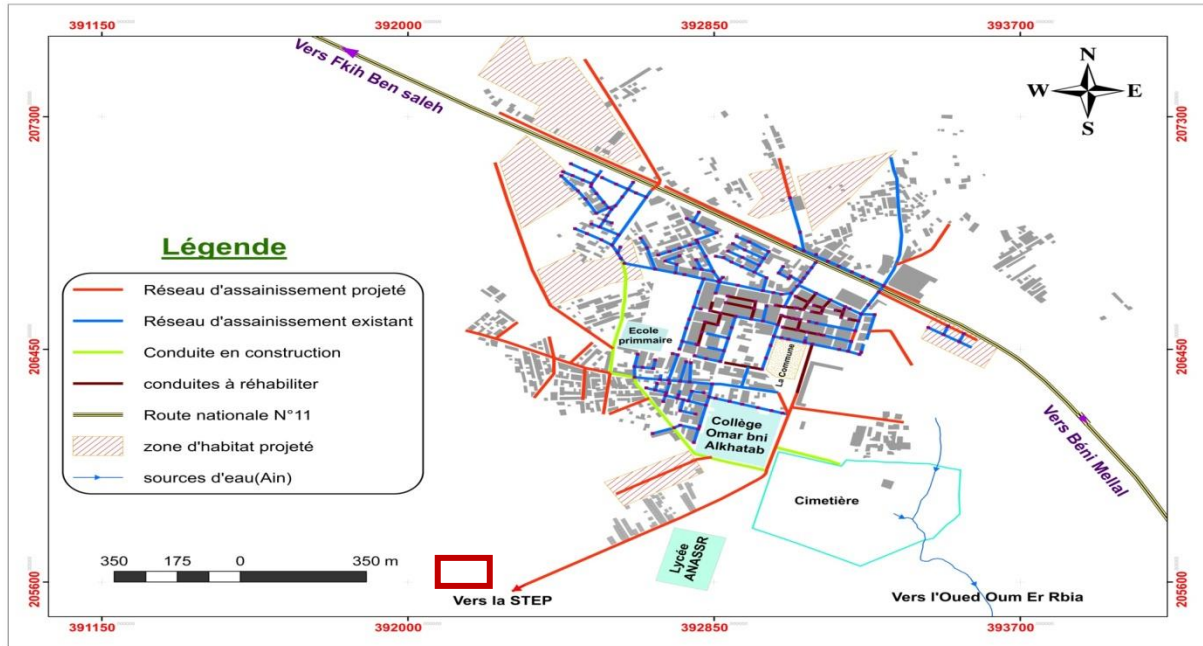


Figure 83 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune de Bradia

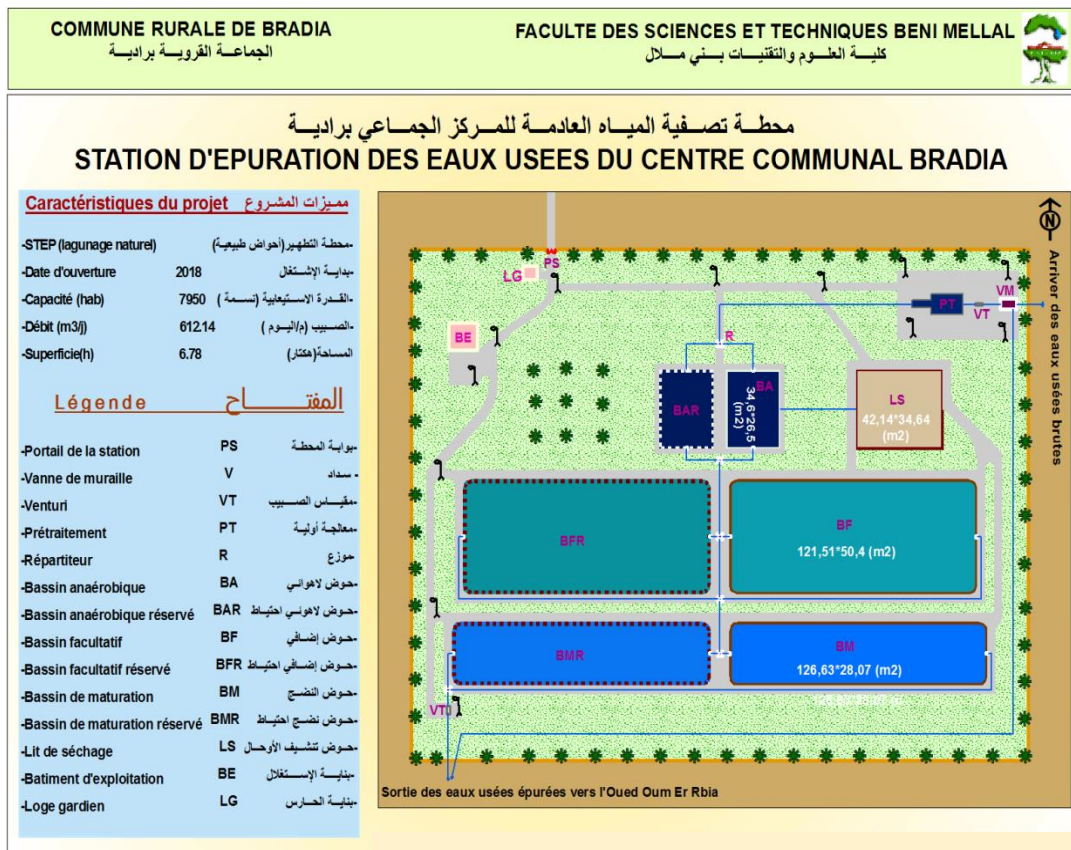


Figure 84 : schéma conceptuel de la STEP proposée pour la commune de Bradia

(Durée de vie plus que 20 ans)

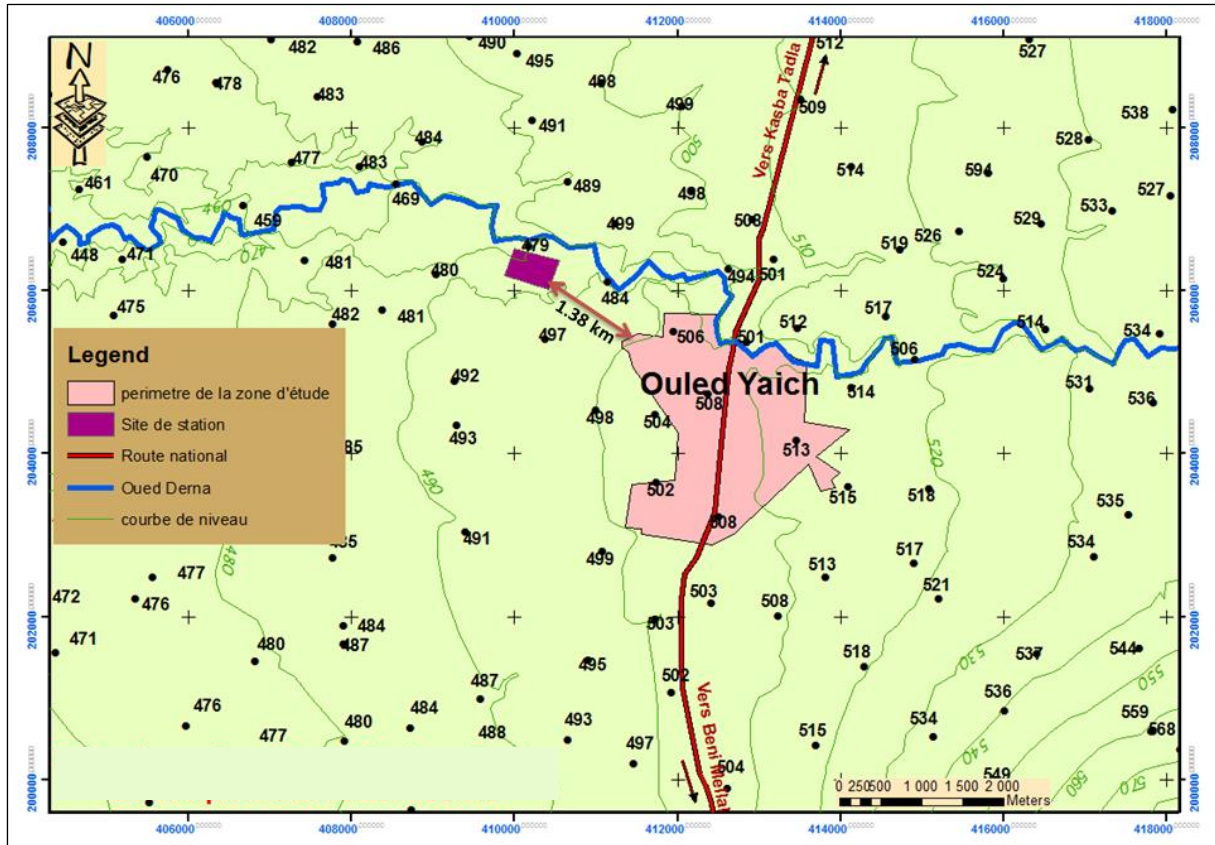


Figure 85 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune d'Oulad Yaich



Figure 86 : schéma conceptuel de la STEP proposée pour la commune d'Oulad Yaich

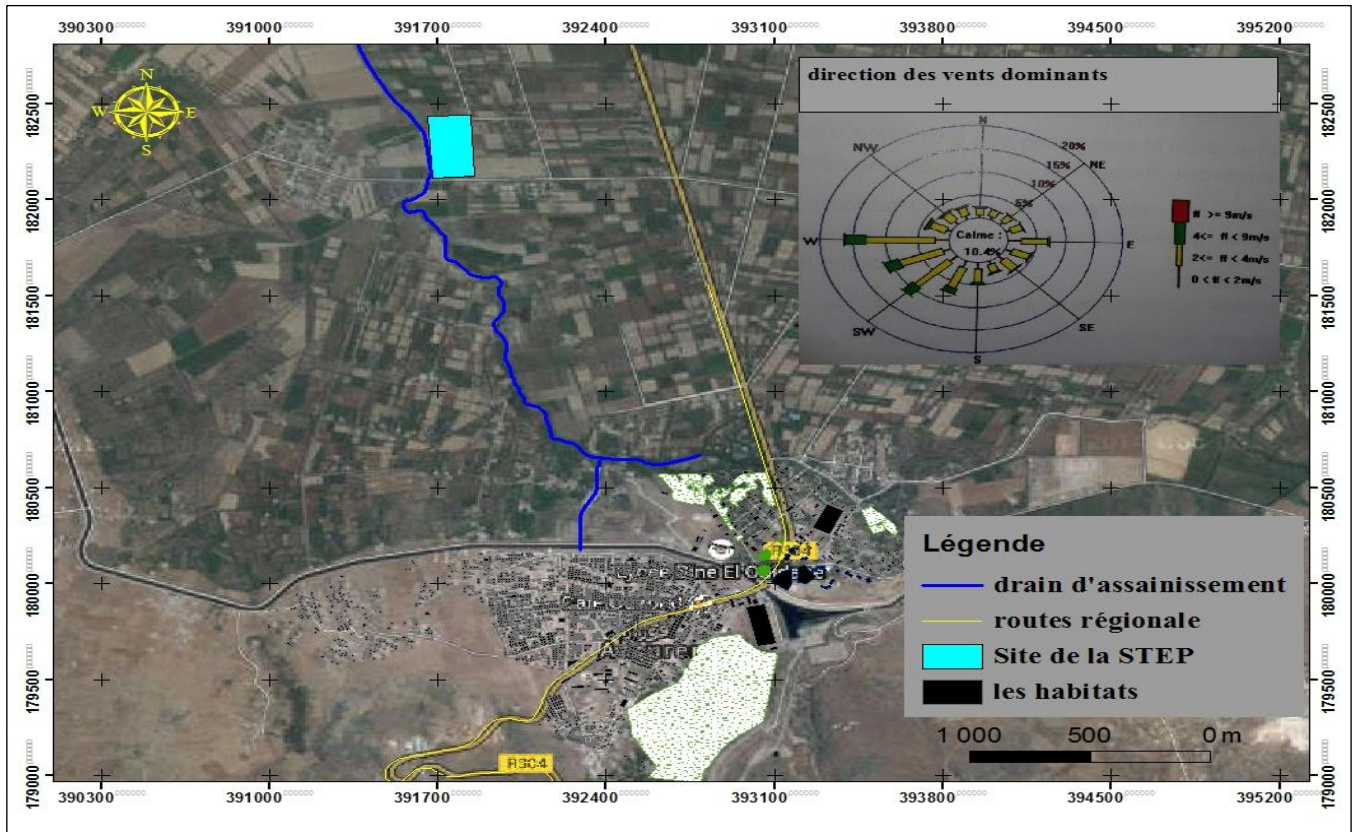


Figure 87 : site adéquat de la STEP proposée pour la commune d'Afourar

(Durée de vie plus que 20 ans)



محطة تصفية المياه العادمة للمركز الجماعي بأفورار

STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DU CENTRE COMMUNAL D'AFOURAR

مميزات المشروع Caractéristiques du projet

محطة تنقية مياه (STEP)

بداية 2020
Date d'ouverture

القدرة 1000
الصبيب (3م/اليوم)
المساحة (19000)
Capacité (m³/j)
Débit (m³/j)

المفتاح

Légende

بوابة المحطة	PS
صنارة	VM
مقياس الصبيب	Venturi
معالجة أولية	Prétraitement
موزع	Répartiteur
حوض لاهواني	Bassin anaérobie
حوض لاهواني احتياطي	Bassin anaérobie réservé
حوض النضج احتياطي	Bassin facultatif
حوض النضج	Bassin facultatif
حوض تنشيف الأوحال	

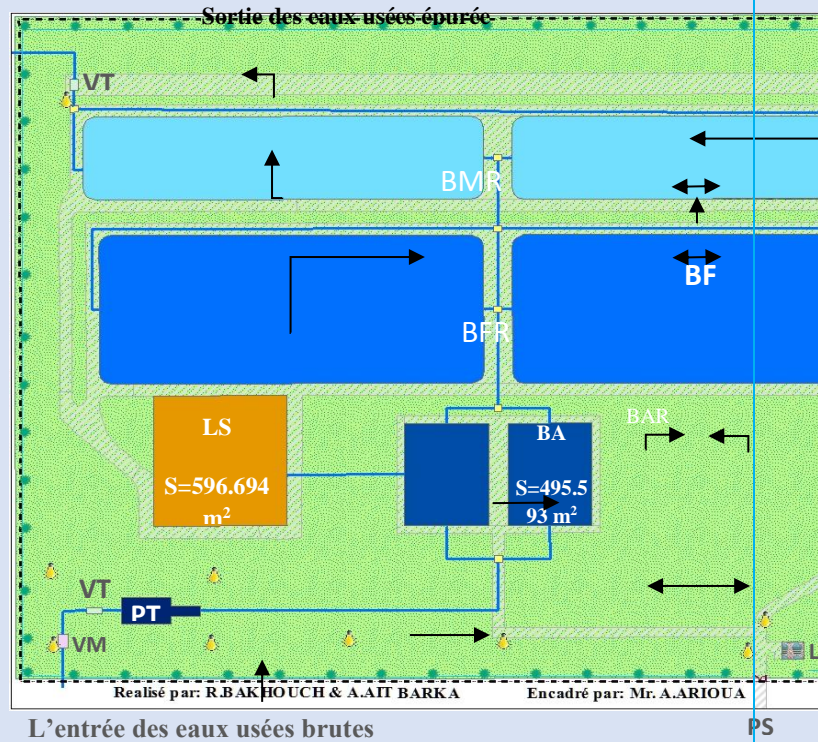


Figure 88 : schéma conceptuel de la STEP proposée
(durée de vie : 20 ans et plus)

PARTIE IV : SOLUTIONS
PROPOSEES POUR LA BONNE
GESTION
DES DECHETS SOLIDES.
Cas de la commune Had Bradia,
province de Fkih Ben Salah -Maroc.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA COMMUNE DE BRADIA

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

La commune rurale de Bradia consacre une part importante de son budget annuel à la collecte, au transport des déchets solides. L'approche classique du problème consiste à chercher des solutions en signant des conventions avec des sociétés étrangères plus coûteuses et qui utilisent de la technologie moderne non adaptée à la région d'étude.

C'est ce cadre, s'intègre notre étude pour résoudre le problème de gestion des déchets en utilisant des moyens, plus adaptés, et moins coûteux si l'on maîtrise bien le temps, le circuit de collecte, les moyens humains et les sites de dépôts. Pour se faire, et réduire l'impact néfaste de la pollution (ONEP, 2008), on est amené à avoir une base de données de la région pour les utiliser dans des logiciels (outils géomatiques) à fin de faire sortir des cartes géo référencées. Sur ces dernières, on peut faire positionner n'importe quel outil de collecte sachant sa capacité. De même, on peut choisir le circuit optimal qui va être suivi par le véhicule de collecte des déchets.

I. Situation administrative et géographique

1. Situation géographique :

Le centre de Bradia est situé le long de la **R.N n°11** entre les villes de Béni Mellal et Fkih ben Salah. Sa position à proximité du périmètre de Tadla le prédispose à un développement futur important notamment entant que centre secondaire satellite de Fkih Ben Salah. Il est limité comme suit :

- ❖ **Nord** : commune de Khalfia (province de Fquih Ben Salah).
- ❖ **Sud** : commune de Sidi Aissa (province de Fquih ben Salah).
- ❖ **Est** : commune de Sidi Jaber (province de Beni Mellal).
- ❖ **Ouest** : commune de Hel Merbaâ (province de Fquih Ben Salah).

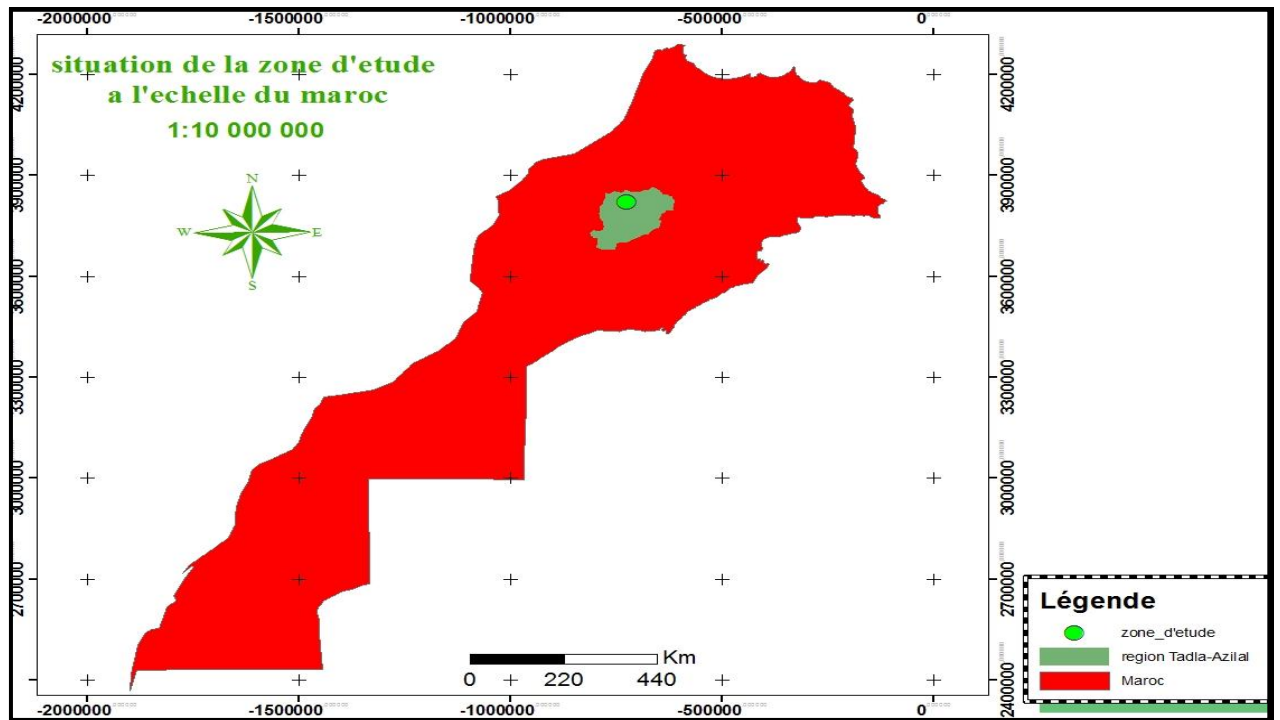


Figure 89 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du Maroc

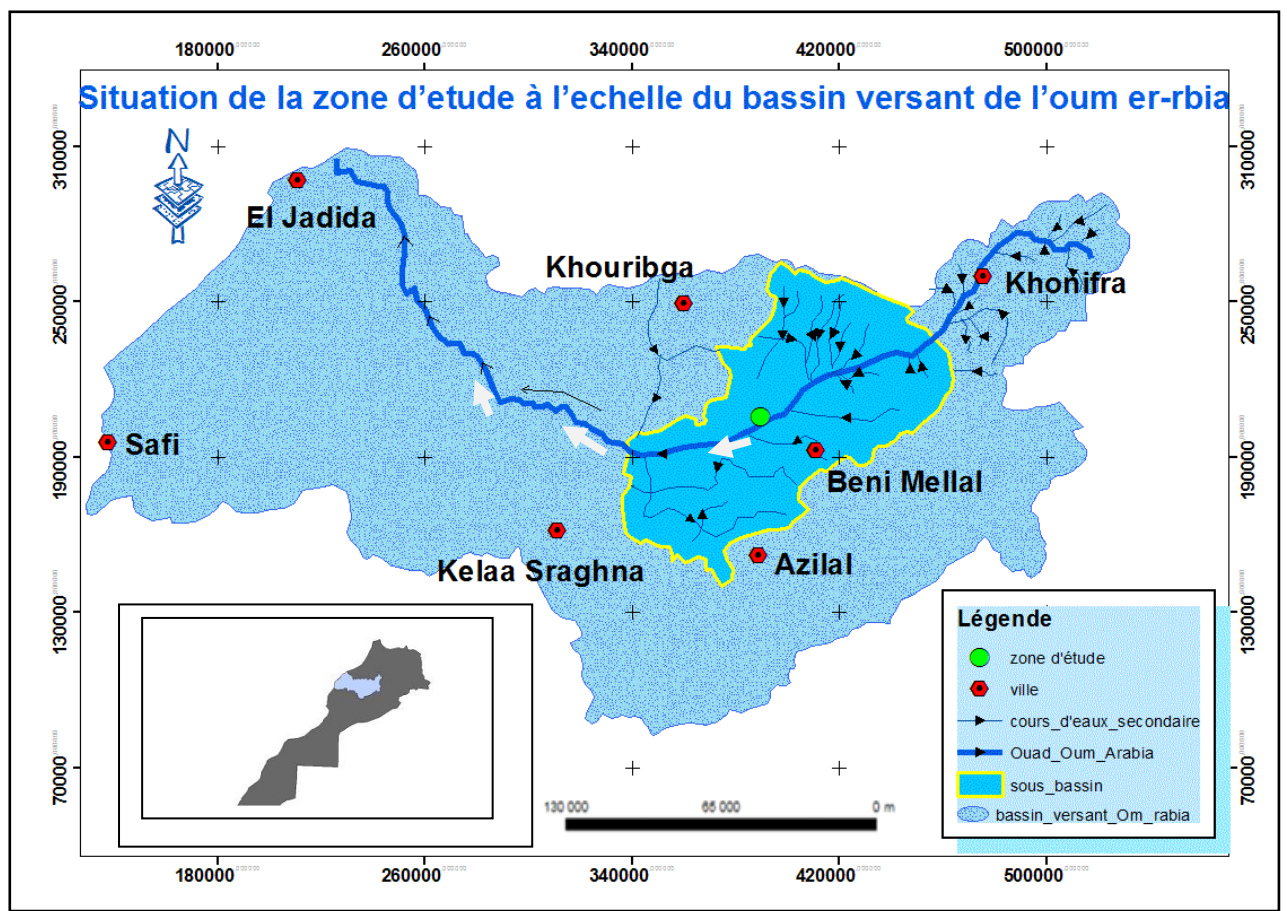


Figure 90 : Situation de la zone d'étude à l'échelle du bassin versant de l'Oum Er-Rbia

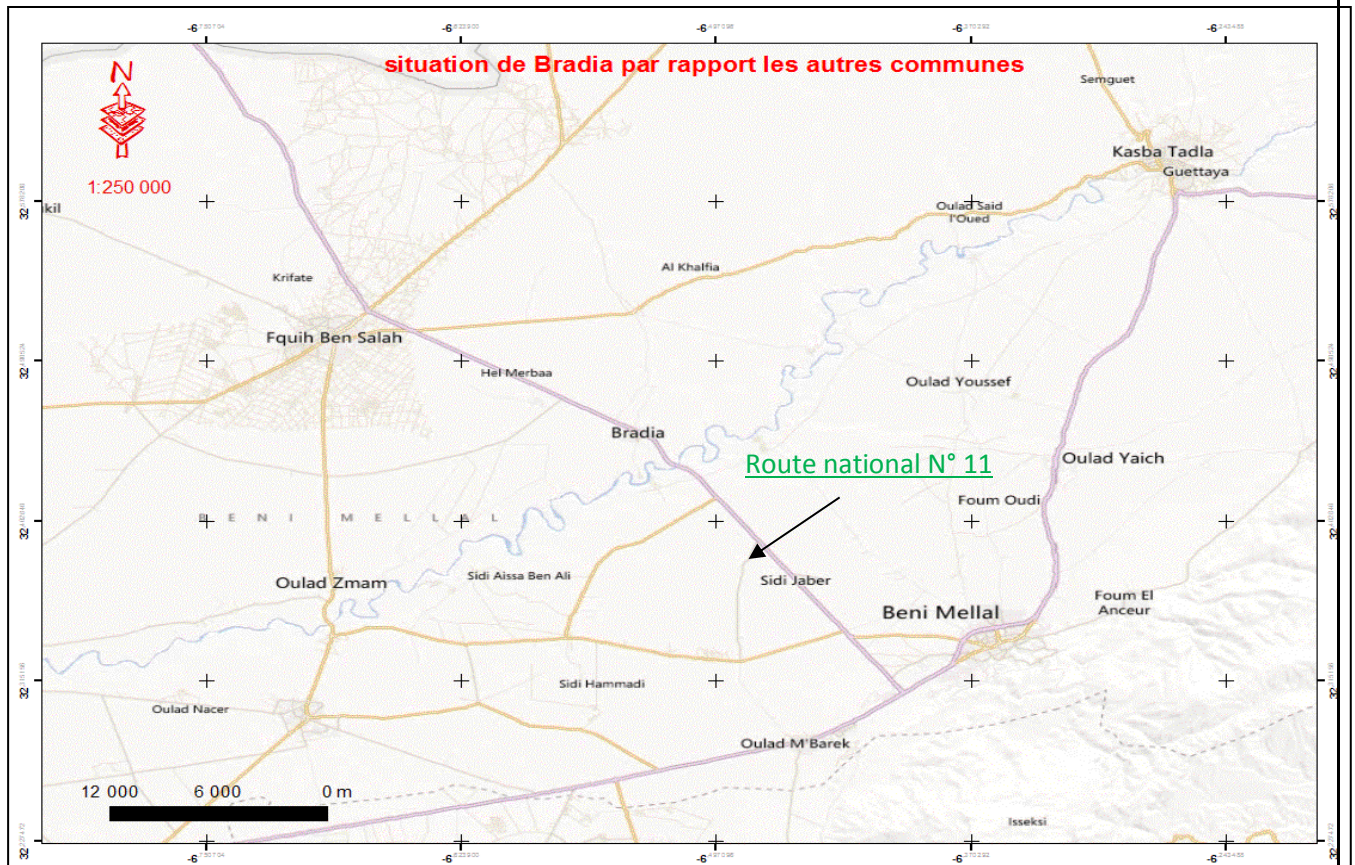


Figure 91 : Situation de la zone d'étude par rapport aux autres communes

Les coordonnées du centre de Bradia, dans le système **WGS 84**, sont les suivantes:

Coordonnées	sexagésimales	décimales
Latitude :	32° 25' 59.99" N	32.43333°
Longitude :	6° 31' 59.99" W	-6.53333°

2. Situation administrative :

- ❖ **Nom de la commune :** Bradia
- ❖ **Caïdat :** Bradia
- ❖ **Cercle :** Fkih Ben Salah
- ❖ **Province :** Fkih Ben Salah
- ❖ **Région :** Béni Mellal - Khénifra

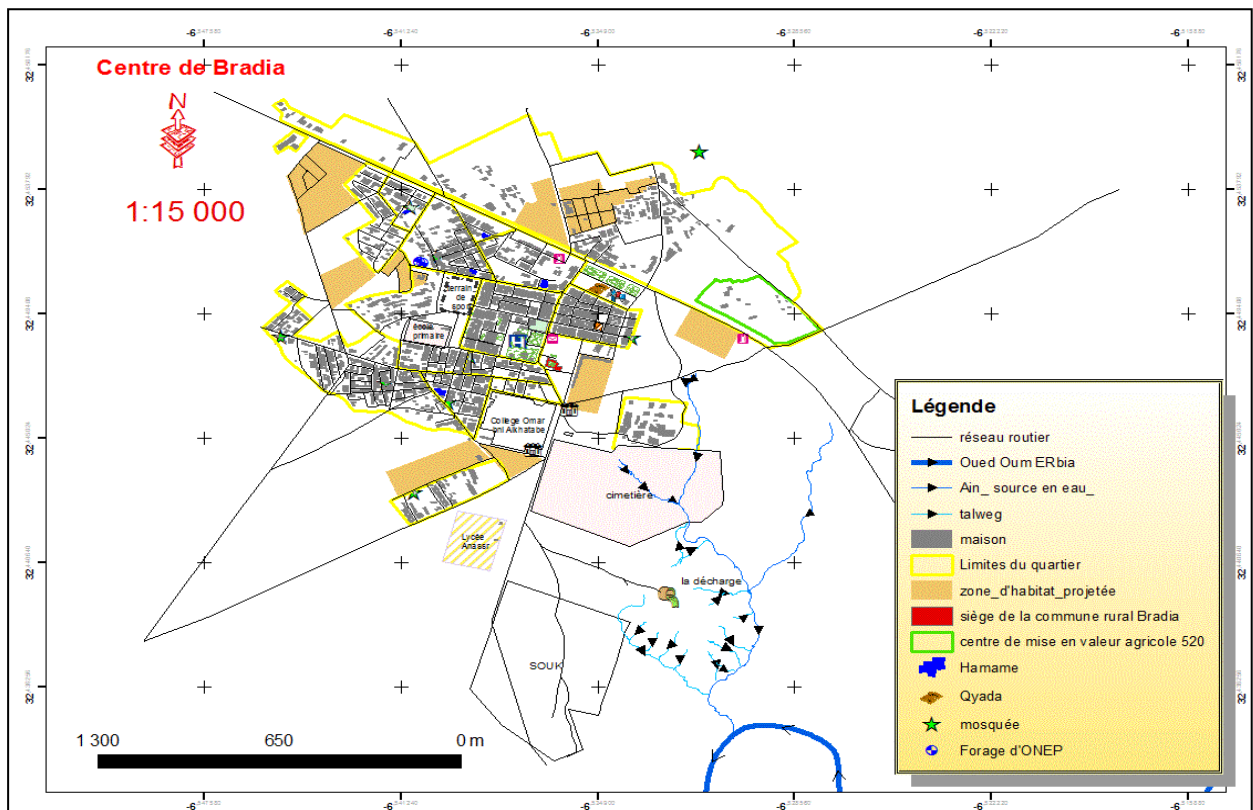


Figure 92 : carte du centre de Bradia à l'échelle 1/15 000

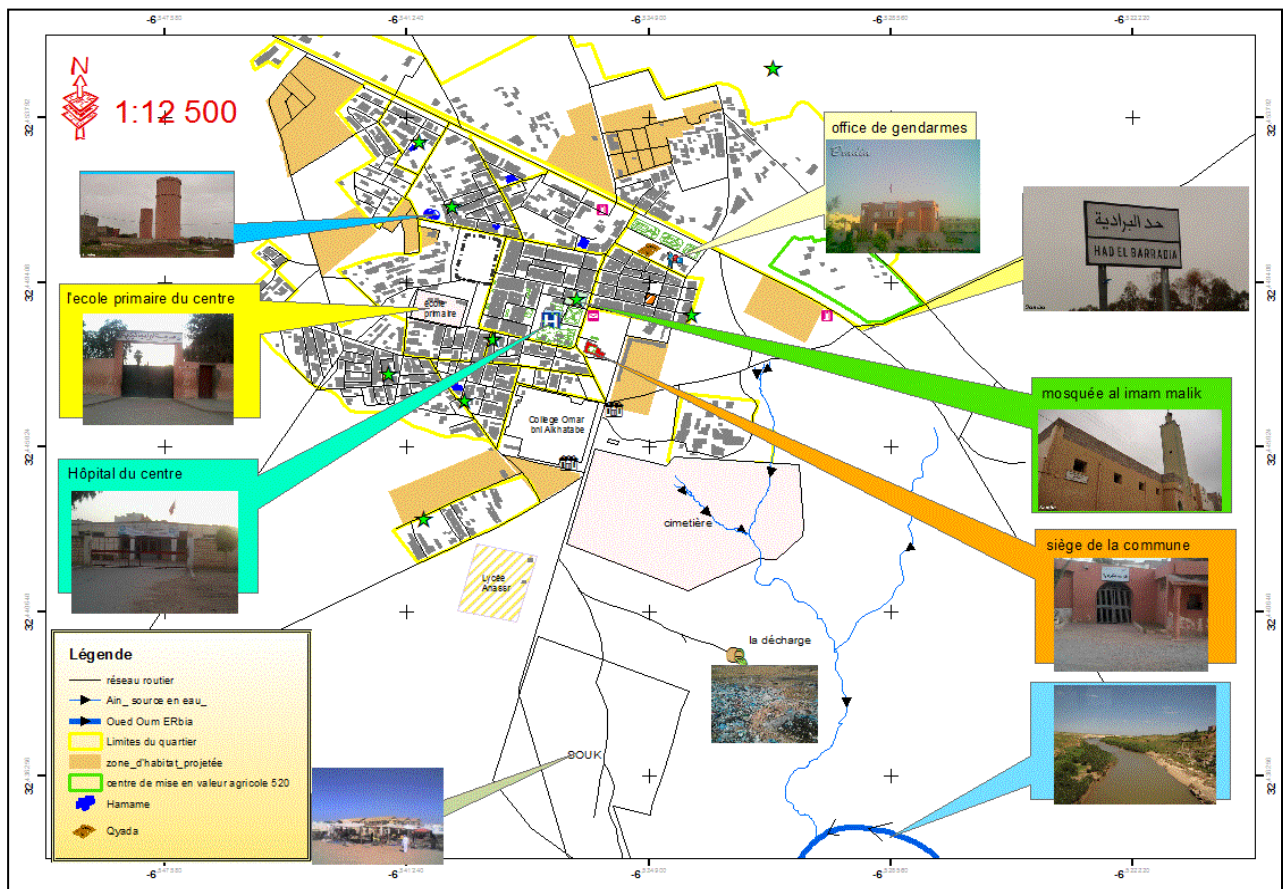


Figure 93 : carte représentant le centre de Bradia à l'échelle 1/12 500

II. Démographie

D'après le dernier recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2004), la commune rurale de Bradia comptait environ **36239** habitants repartis entre **6236** ménages au centre, soit une taille moyenne de **5.60** personnes par ménage.

La répartition de la population communale par âge montre que :

- **30.80%** de la population de la commune ont moins de 15 ans.
- **60.50%** de la population sont en âge d'activité (15 à 59 ans).

Selon l'état matrimonial concerne la population théoriquement en âge de mariage, c'est-à-dire celle âgée de 15 ans est plus :

- **35.40%** sont des célibataires.
- **56.90%** sont des mariés

D'après le RGPH de **2004**, l'âge moyen au premier mariage, au niveau de la commune de Bradia, serait de **27.7** ans, celui-ci de **30.3** ans pour les hommes et de **25.80** ans pour les femmes.

Sur l'ensemble de la population de Bradia ayant 10 ans et plus, **52.80%** seraient les analphabètes (**38.40** chez les hommes et **64.70** chez les femmes), alors que **47.20%** disposerait d'un niveau d'instruction.

1- Projection de la population :

Le tableau suivant contient la population projetée dans la zone d'étude (centre de Bradia) jusqu'au 2010 et ceci en se basant sur les données du dernier recensement (2004).

Pour finaliser la population en 2013, on a réalisé un recensement des habitants du centre de Bradia et qui a donné le chiffre suivant :

Tableau 32 : démographie du centre Bradia

Centre de la commune	Taux d'accroissement	Population 2004	Population projetée		
			2005	2010	2013
Bradia	0,0158	6236	6335	6852	7181

La formule utilisée pour le calcul des projections est la suivante :

$$P_n = P_0 (1 + T_a)^{(A_n - A_0)}$$

- Soit :
- P_n : la population projetée ;
 - P_0 : la population de référence ;
 - T_a : Taux d'accroissement;
 - A_n : l'année identifiée pour la projection ;
 - A_0 : l'année de référence.

2- Population calculée :

Pour finaliser la population en 2013, on a réalisé un recensement des habitants du centre de Bradia.

Pour cela, on a effectué une enquête en remplissant un questionnaire (voir annexes). Le tableau suivant représente la population recensée en temps actuel (2013) et projetée dans la zone d'étude jusqu'à 2025 :

Tableau 33 : démographie de la zone d'étude recensée (questionnaire)

Centre de la commune	Taux d'accroissement	Population recensée 2013	Population projetée		
			2015	2020	2025
Bradia	0,0262	7873	8291	9436	10739

- ⊗ Même formule utilisée pour déduire le taux d'accroissement T_a , et pour calculer les populations projetée.

III. Activités économiques :

L'économie de la commune rurale de **Bradia** s'articule autour du commerce, des services, de l'agriculture et de l'élevage.

1. Le commerce :

L'activité commerciale malgré son importance au sein de la commune est marquée par la prédominance d'un commerce de détail traditionnel et parfois faible affronté à plusieurs facteurs paralysant son développement. D'une part la faiblesse du pouvoir d'achat des consommateurs et d'autre part l'inexistence d'une infrastructure moderne facilitant la circulation et distraction des produits.

La structure du commerce de détail existant est caractérisée par la prépondérance du commerce de l'alimentation générale et l'existence d'un nombre limité de commerçant des matériaux de construction, de drogueries....

Ces activités sont implantées dans leur majorité dans le chef lieu de la commune et les axes routiers dépendant de la commune.

Il est important de préciser que le souk hebdomadaire de Bradia qui s'étend sur une superficie de 20ha est ravitaillé d'une manière suffisante en tous produits alimentaires acheminés par des distributeurs : commerçants, agricultures, éleveurs par fois ambulants.

2. Les services :

Les services occupent une place non négligeable dans le tissu économique de la commune.

Parmi les services, nous pouvons distinguer entre les services marchands, les services supérieurs et les services non marchands.

Les services marchands courants sont représentés par les activités suivantes:

Tableau 34 : services marchands de la commune

CATEGORIE	EFFECTIF
Cafés	39
Fours	02
Hammams	07
douches	02
Coiffeurs	16
Stations d'essence	06

En ce qui concerne les services supérieurs qui regroupent essentiellement les professions libérales, la commune est le lieu d'implantation des activités suivant:

Tableau 35 : services supérieurs de la commune

CATEGORIE	EFFECTIF
ÄAdouls	04
Ecrivains publics	04
Médecins privés	04
Pharmaciens	10
Vétérinaires	02

Les services non marchands jouent un rôle économique important tant au niveau de la propagation des effets multiplicateurs que dans le cadre de la mobilisation de la main d'œuvre. Ils sont représentés par toutes les activités administratives dont notamment l'enseignement, la santé...

Dans le cas de la commune de Bradia, les cadres exerçant dans le secteur public sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau 36 : cadres du secteur public de la commune

CADRES	NOMBRE
Médecins publics	02
Administrateurs	01
Administrateurs adjoints	02
Techniciens supérieures	08
Enseignants (collèges)	42
Enseignants (lycées)	28
Enseignants (écoles)	156

IV. Infrastructures et équipements de base :

1. Voirie:

Pour finaliser les voiries du centre Bradia de 2013, on a réalisé des sorties au terrain. Pour cela, on a effectué une enquête en remplissant une fiche technique (voir annexes).

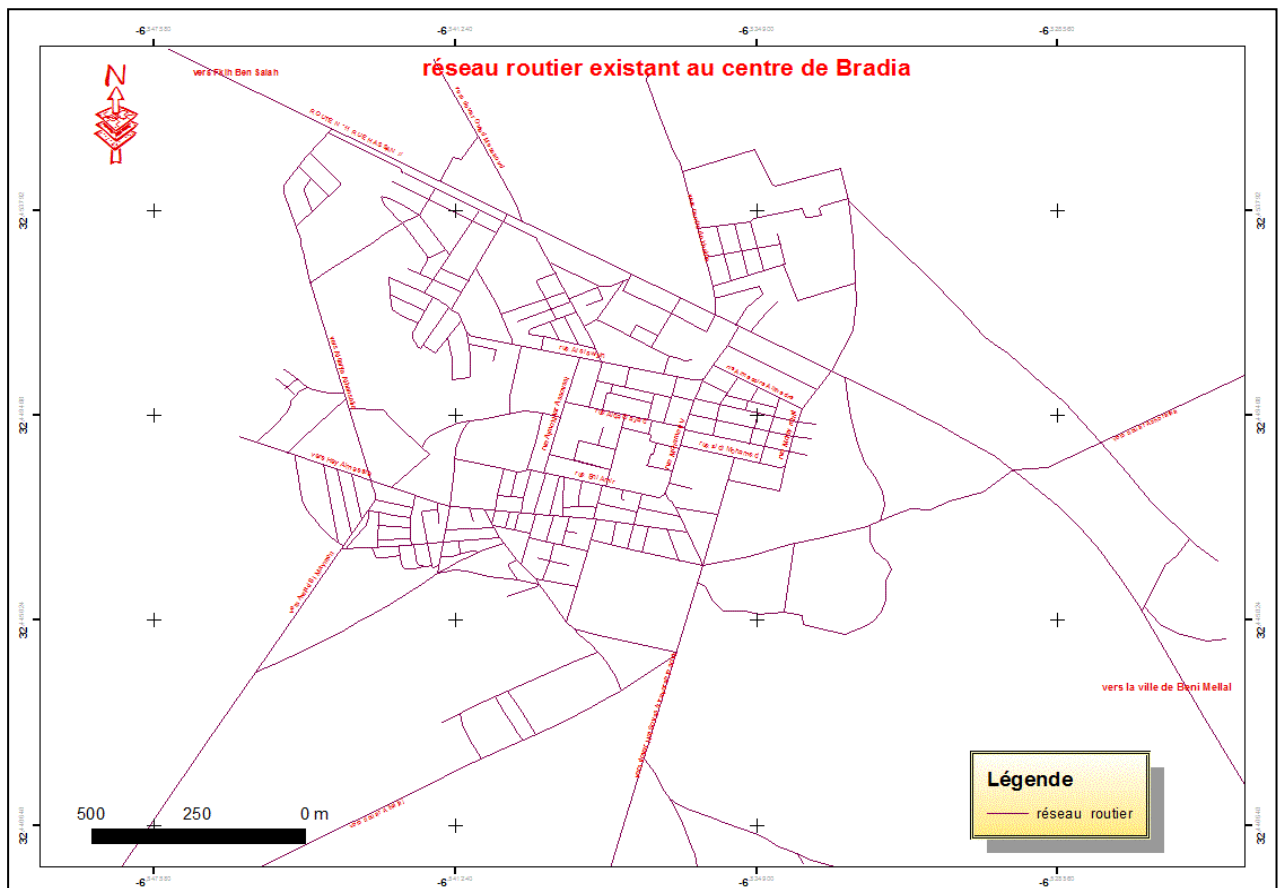
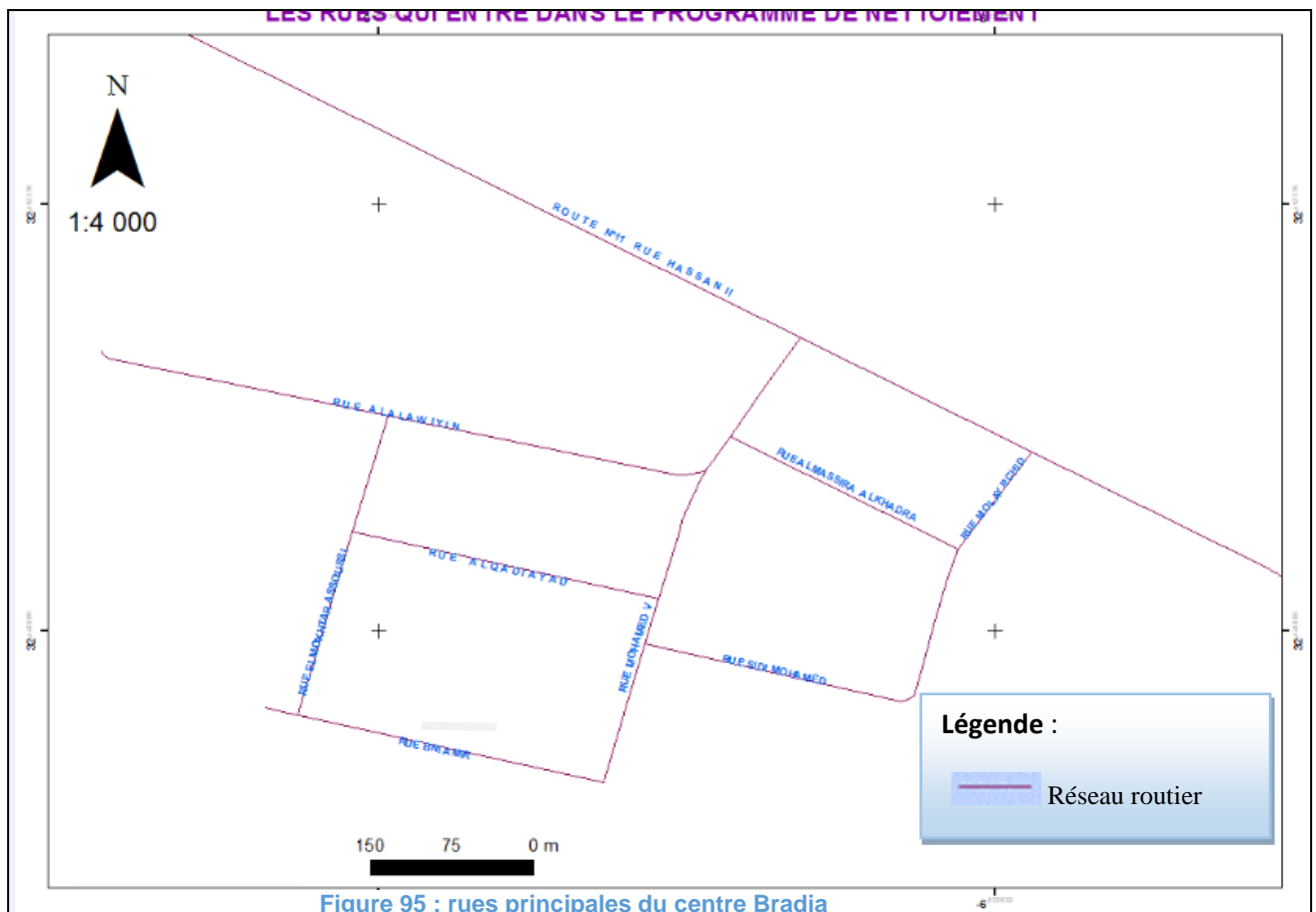


Figure 94 : voiries du centre Bradia

Le centre de Bradia est le carrefour d'une route nationale, de 3 routes communales, et d'une piste :

- la R.N N°11(ex R.S n°133) reliant Casablanca - Béni Mellal et qui porte le nom d'HASSAN II traversant le centre ;
- la route communale Sud venant du douar Hal Souss partiellement goudronnée et porte le nom de rue de souk au niveau du centre ;
- la route communale Nord venant du douar Ouled Messaoud partiellement goudronnée ;
- la route communale Nord-ouest venant du centre de khalfia partiellement goudronnée ;
- la piste reliant le centre de Bradia au centre d'ouled zmam (R.R n°309) de 17.50 km de longueur et 8 m de large.
- Le reste de la voirie rurale du centre de Bradia est en piste.



- Les rues principales du centre sont: rue **El massira**, rue **Al alawyin**, rue **Béni Amir**, rue **El mokhtar Assoussi**, rue **El Qadi Ayad**, rue **Mohamed V**, rue **Moulay Rchid**.

2- Habitat et urbanisme :

Les documents d'urbanisme existants sont d'origine le plan d'aménagement du centre de Bradia approuvé. Les différents types d'habitats sont montrés par le tableau suivant :

Tableau 37 : différents types d'habitats de la commune

Types d'habitats	Nombre
villa, niveau de villa	18
appartement	9
maison marocaine traditionnelle	1486

maison marocaine moderne	1791
maison sommaire ou bidonville	141
habitation de type rural	1342
autres	146

3- Distribution d'électricité:

- Taux de couverture : 99%.
- Nombre de ménages desservis : 2363.

4- Distribution d'eau potable:

- l'adduction et la distribution de l'eau potable sont assurées par l'ONEP.
- nombre de ménages desservis : 2050.

5- Assainissement liquide:

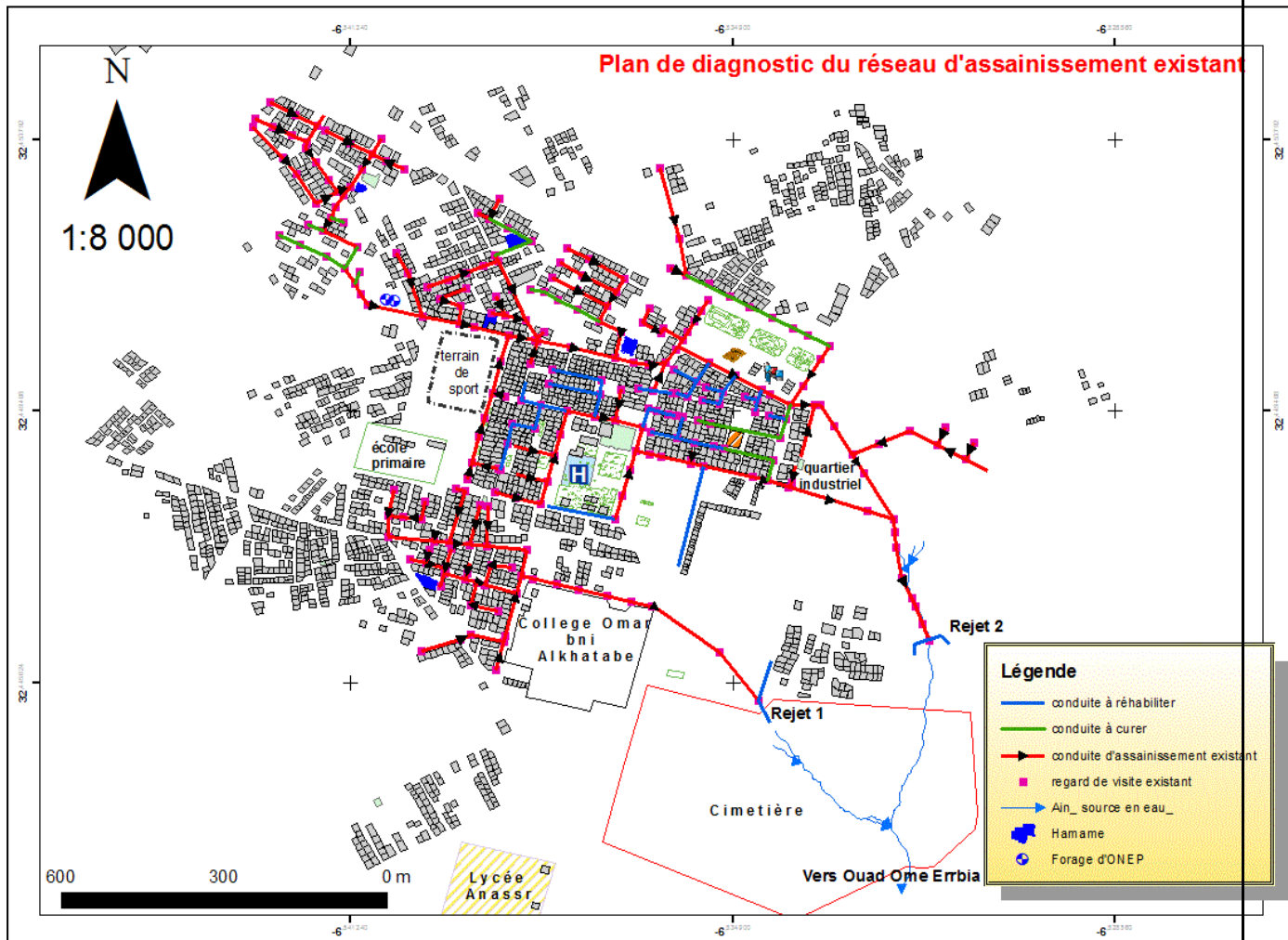


Figure 96 : Circuit du réseau d'assainissement de la commune de Bradia

Notons qu'un nouveau projet sera réalisé par l'ONEP après l'étude générale du schéma d'assainissement liquide du centre. Il est destiné pour résoudre tous les problèmes du réseau existant et de l'étendre sur l'ensemble du centre.

Le centre est raccordé au réseau public d'assainissement avec un taux de branchement de 60%. Les eaux usées brutes se rejettent dans l'oued Oum Er Rbia sans aucun traitement préalable.

6- Déchets solides:

La collecte de l'ensemble des déchets solides est effectuée par la commune. Le pourcentage de ménages desservis par la collecte est 70%.

L'ensemble des déchets solides du centre de Bradia sont évacués vers la décharge publique sauvage située entre la cimetièrre et le nouveau souk sur un terrain rocheux d'une superficie d'environ 9,3 Ha.

La collecte des ordures ménagères au niveau du centre Bradia s'effectue presque quotidiennement (5 fois par semaine).

7- Etablissement d'éducation et de formation :

Tableau 38 : différents types d'établissements d'éducation de la commune

ETABLISSEMENT	PRIVE	PUBLIC	NOMBRE D'ELEVES	
			F	M
Dar el qu'Oran	00	01		
Crèche	02	01		
Ecole primaire	02	02	442	500
Collège	00	01	409	611
Institut de formation professionnelle	00	00		
Lycée	00	01	170	336
TOTAL	04	06	1021	1447

8- Equipements culturels, sportifs et loisirs :

Tableau 39 : différents types d'équipement culturels, sportifs et loisirs de la commune

TYPE	NOMBRE D'ETABLISSEMENTS	CAPACITE D'ACCUEIL
Foyers féminins	01	40
Jardins d'enfants	00	00
Maisons de jeunes	00	00
Maisons personnes âgées	00	00
Dar Taleb	00	00
Bibliothèques	00	00
Maisons de culture	00	00
Centre écoute et orientation	00	00
Terrains de sport	02	00
Autres à préciser	00	00
TOTAL	03	40

V. Agriculture:

1- Cultures :

La situation de la commune dans la zone irriguée de Tadla et la faible présence de gisements miniers (carrières) et de source d'énergie au niveau local font que l'agriculture représente la principale branche du secteur primaire implanté au niveau local.

Les surfaces à vocation agricole s'étendent sur l'ensemble du territoire communal.

Tableau 40 : Production et rendement agricole par type de culture

TYPE	TERRAIN IRRIGUEE		TERRAIN BOURRE	
	Superficie (Ha)	Rendement (Qx/Ha)	Superficie (Ha)	Rendement (Qx/Ha)
céréales	2370	39850	3040	21470
Betterave	1186.15	337268	--	--

Cultures maraîchères	441	9702	--	--
-----------------------------	-----	------	----	----

TYPE	SUPERFICIE (Ha)	RENDEMENT (Qx/Ha)
Olives	1709	6033
Fourrage	2009	86850

2- Elevage:

L'effectif du cheptel à l'échelle communale est de l'ordre de 104200 têtes dont 75660 d'ovins, 24790 de bovins et 3750 de caprins.

A souligner dans ce contexte, la présence à l'échelle communale, de 12 coopératives agricoles dont 11 laitières.

VI. Industrie :

On constate une absence quasi totale de l'infrastructure industrielle à l'exception d'un concasseur de gravier qui se trouve à côté du souk hebdomadaire de la commune rural Bradia, des industries de type agroalimentaire, telles que les usines de rectification de nourriture végétale et des huileries ...

VII. Alimentation en eau potable :

La commune de Bradia et ses périphériques s'alimentent en eau potable à partir des eaux souterraines à travers un certain nombre de forages.

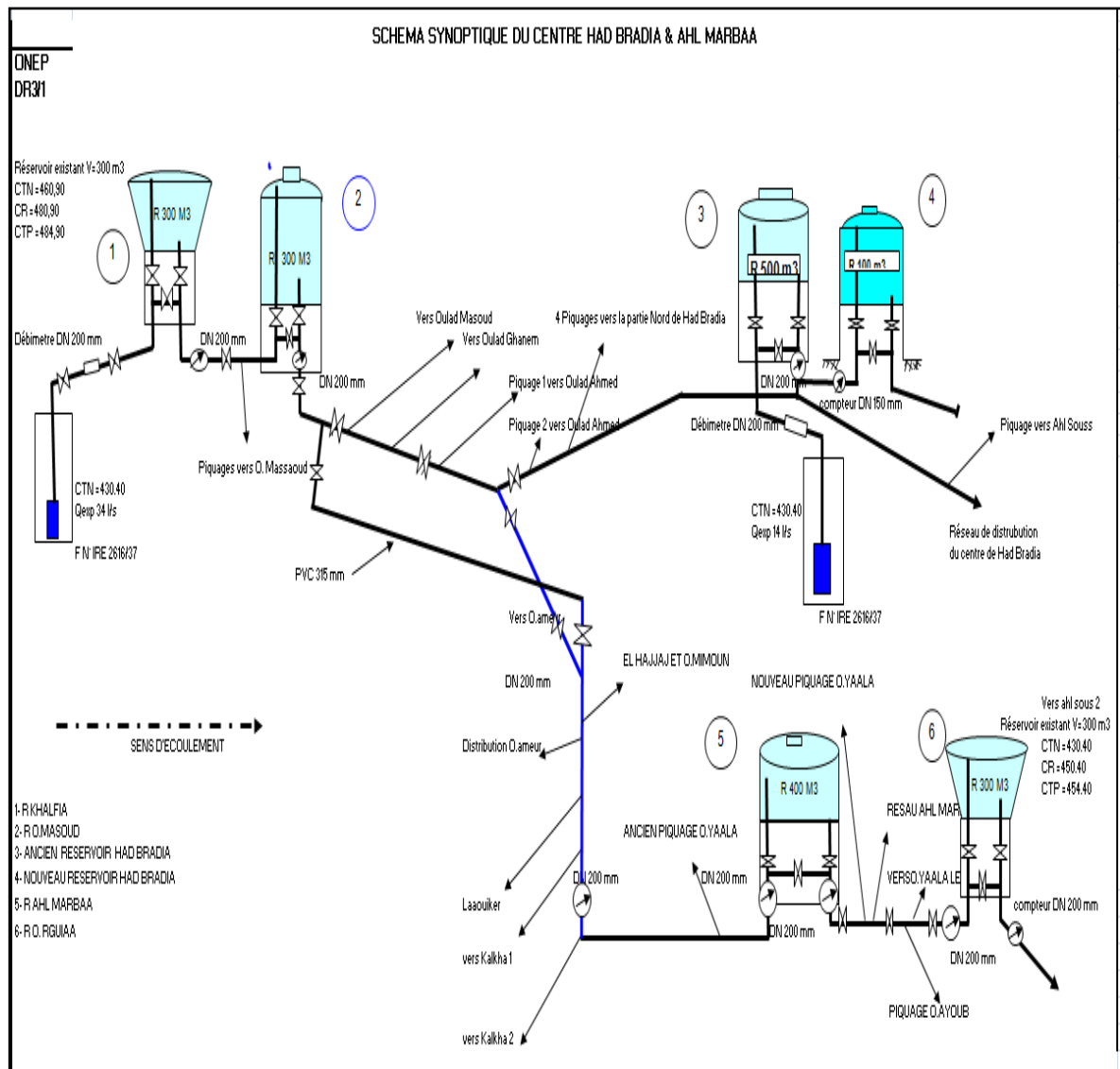


Figure 97 : Schéma de situation des forages destinés pour l'AEP de la région (ONEE – branche eau, Béni Mellal)

Ci-dessous, on résume quelques données vis-à-vis de l'AEP de Bradia :

- ✚ Le centre de Bradia est alimenté à partir de deux ressources (forage N°IRE2616/36 situé à khalfia et forage N°IRE635/36 situé à Bradia).
- ✚ La capacité de stockage du centre de Bradia et les douars qui lui sont rattachés est de 800 m³ répartie ainsi :
 - Centre de Bradia : 500 m³
 - Douars de Bradia: 300 m³.
- ✚ Le linéaire de l'adduction du centre Bradia est de 17.5 km.
- ✚ Le linéaire du réseau de distribution du centre Bradia est de 40.80 km
- ✚ Le nombre d'abonnés du centre de Bradia jusqu'à fin mars 2013 est de 2444 réparties ainsi :
 - abonnés domestiques : 2417
 - Abonnés industriels : 9
 - Abonnés administratifs : 18

A- Données techniques du centre :

Ces données sont réparties comme montré par le tableau suivant :

Tableau 41 : Données techniques du centre bradia

Centre	Nombre de forages	N°IRE	Débits des Forages en l/s	Capacité de stockage en m ³	linéaire de l'adduction en km	linéaire du réseau en km	nombre d'abonnés
Bradia	2	2616/36	40	900	17.5	40.80	2444
		635/36	15				

B- Données statistiques du centre :

Les données statistiques sont regroupées dans le tableau ci-contre :

Tableau 42 : Données statistiques de production et de distribution de l'eau potable du centre bradia

Centre	Production (en m ³ /an)	Distribution (en m ³ /an)	Ventes d'eau aux abonnés (en m ³ /an)
Had Bradia	398266	100688	39981

C- Données des douars de Bradia : sont rassemblées dans le tableau suivant :

Centre	Nombre de forages	N°IRE	Débits des Forages en l/s	Linéaire de l'adduction en km	Capacité de stockage en m ³	Linéaire du réseau en km	Nombre d'abonnés
Douars de Bradia	Les douars partagent la même adduction et ressources avec les centres Bradia et Ahl Marbaâ (Voir précédemment)				300	10	1154

D- Données statistiques des douars de Bradia : sont groupées comme ainsi :

Centre	Production	Distribution	Ventes d'eau aux abonnés (en m ³ /an)
Douars de Bradia	Les douars Bradia procèdent à l'achat d'eau de l'adduction Bradia au réseau des douars.		16941

VIII. Etat sanitaire :

1. Infrastructures :

On trouve dans le centre de Bradia les infrastructures suivantes :

Tableau 43 : Infrastructures sanitaires existantes au centre Bradia

Nature de l'infrastructure	Nombre
Centre de santé	01
Dispensaire	00
TOTAL	01

2. Personnel médical et paramédical :

Le personnel qui se charge du service santé est illustré par le tableau suivant :

Tableau 44 : Personnels chargés des services de santé au centre du Bradia

Corps	Secteur Public	Secteur Privé
Médecins	01	04
Pharmaciens	00	06
Chirurgiens dentistes	00	01
Dentistes (prothèse)	00	03
Vétérinaires	01	03
Accoucheuses	01	00
Infirmiers	08	05
Total	11	22

3. Etat de santé des employeurs chargé de la gestion des déchets solides à Bradia :

a. Habillement :

Il est constitué des bottes, chaussures, des gants, imperméables et en tissu.

L'ouvrier a le choix d'une combinaison entre un pantalon et une veste.

La commune rurale Bradia enregistre normalement chaque année, une tarification pour les habillements des ouvriers mais personne ne prend l'avantage.

b. Assurances :

L'ouvrier bénéficie de :

- Assurance maladie obligatoire : C.N.O.P.S.
- Assurance maladie complémentaire : SAADA.
- Assurance contre les accidents du travail et maladie.

Ne Bénéficient pas des

- vaccins anti atonie.
- rappels du vaccin anti tétanique.
- rappels du vaccin anti Hépatite B.
- rappels du vaccin anti entre les griffes.

c. Les maladies :

Le plus fréquents :

- Trembles musculaux squelettiques.
- Lombago.
- Hernie dis rôte (sciatiques.).
- Névralgies cervico brachiales.
- Infection des allergies.

Les causes :

- Mouvement répétitifs.
- Les poubelles lourdes.
- La marche ou cours du trajet.
- Intempéries (froid, changement de T°...).
- Emanation volatile des ordures.

IX. Données physiques

1. Topographie et natures des sols :

a- Relief et géologie :

- Altitude : 437 m en moyen

- Relief dominant : c'est une plaine qui se recorde au bord du plateau de Khouribga- Oued Zem par des glacis à pente très douce et au Sud de l'Oued Oum Er-Rbia.

b- Nature et formation des sols :

Les sols des Béni Amir sont de trois types :

- **Zone irriguée** : sols iso-humiques à complexe saturé évoluant sous pédoclimatique frais pendant la saison pluvieuse, ces sols bruns subtropicaux se développent sur matériaux de texture fine peu ou non calcaire.
- **Zone bour** : sols calcin agénésique carbonatés du groupe des rendzines se formant tous à partir d'une calcaire dure.
- **Sols à ses dioxyde de fer** et déménageasses fertilliques du groupe des sols à réserve classique non ou peu lessives . Ces sols sont développés sur une formation d'argiles à six dont les teneurs en calcaire sont nulles ou très faibles et dont la couleur est rouge.

En général, les types de sols dominants représentent les pourcentages suivants :

- **légers** 45%
- **lourds** 55%

2. Géologie :

Une carte géologique de la zone d'étude et son entourage a été tracée d'une façon schématique et ceci en se basant sur la carte géologie de Kasba Tadla au 1/100 000.

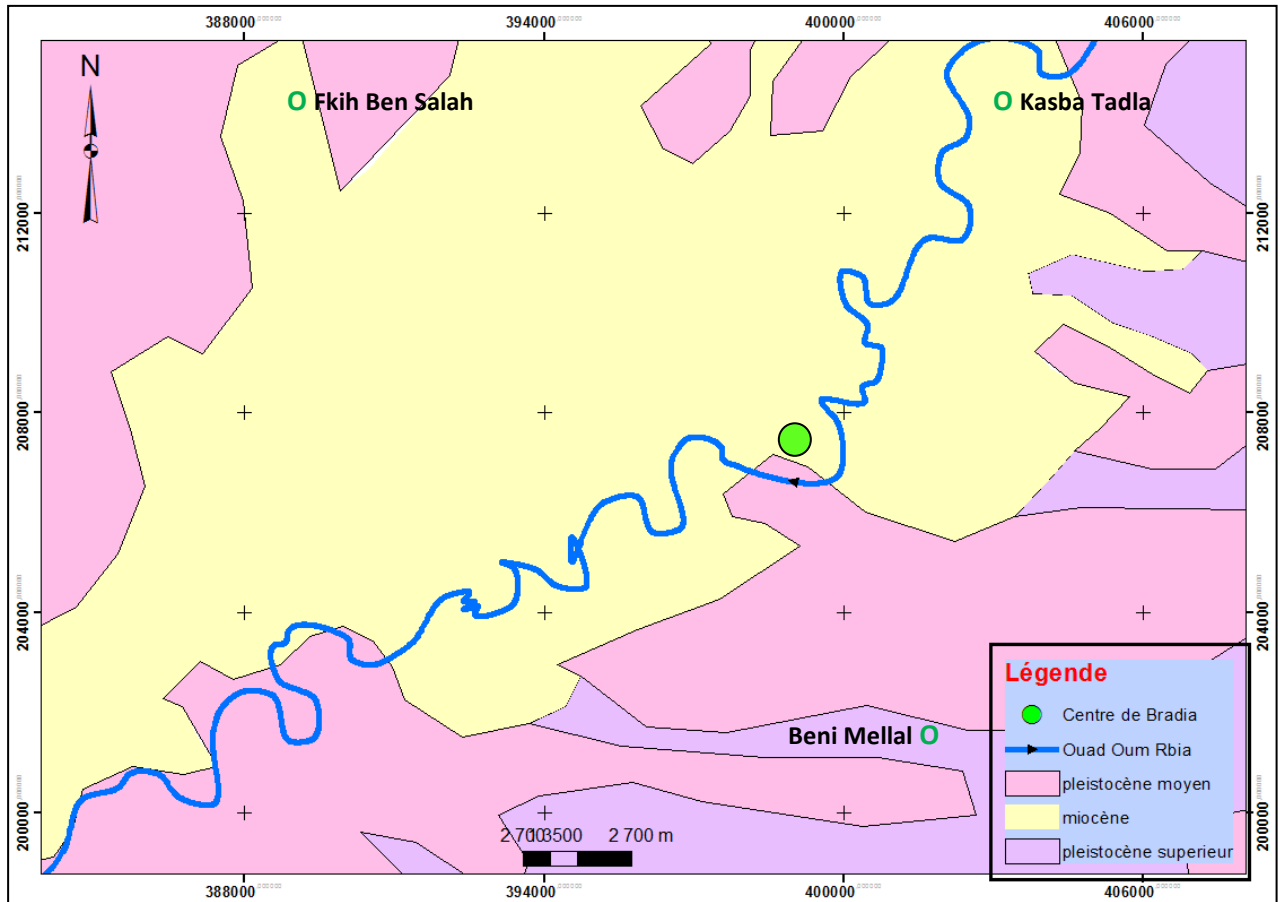


Figure 98 : carte géologique de la zone d'étude (Extrait de la carte géologique de Kasba Tadla au 1/100000)

3- Litho stratigraphie de la région :

a- Le support paléozoïque :

Il est constitué de schiste et de quartzite avec des niveaux de graphique de paléozoïque.

b- La couverture :

b.1- Le Trias

Après une phase de métamorphisme, affleure un petit appointement de dolérite et d'argile rouge triasique.

b.2- Le Jurassique

- **Infra Lias** : alternance de calcaire et marne.
- **Lias** : le Sinémurien est constitué d'une alternance de dolomies lités et de calcaire lité.
 - ❖ Le domérien est constitué par des calcaires lités.
 - ❖ Le toarcien est formé par une alternance de gris et de pélites en petits bancs.
- **Dogger** : formé de dolomies, calcaire, marne et du calcaire gréseux à la base surmontée de calcaire bleu ou gris à birdeyses, silt gabroïque, calcaire marneux, calcaire oolitique et conglomératiques beige et du calcaire gréseux et brichiques jaunes.

b.3- Le Crétacé ou Paléogène

- ❖ **Cénomaniens** : se dépose au-dessus du Dogger après une discordance, il est formé de marne et de conglomérats lenticulaires.
- ❖ **Turonien**: formé de calcaire.

❖ **Maestrichtien**: formé de phosphates, sables, grès et marnes.

b.4- Le Tertiaire

La sédimentation au cours du tertiaire commence par des dépôts macro gypsifères avec intercalation de calcaires marneux, attribuées au Paléogène et sur lesquels repose une succession de calcaires et de marnes puis des calcaires à silex rattachés à l'Eocène.

L'Eocène inférieur est formée de calcaire et grès phosphatés. Elle peut atteindre 300m d'épaisseur dans le synclinal de Tadla et 100m dans le piémont.

L'Eocène supérieur repose en discordance sur l'éocène inférieur par le biais d'une série rouge continentale.

b.5- Quaternaire

Le Quaternaire moyen et ancien sont formés par des dépôts encrouvés et par des limons anciens.

Le Quaternaire récent est formé de Limons rouges et d'alluvions.

Formations	Lithologie	Epaisseur
Formation Mio-Plio-Quaternaire	Croûte calcaire Calcaires sableux Conglomérats polygéniques à ment argileux Marnes sableuses	0 à 400 m
Formation phosphatée (Maestrichtien-Eocène)	Argiles dolomitiques et dolomies à silex avec débris phosphatés Niveau de calcaire et de dolomies phosphatés Imprégnation de matière	60 à 300 m
Formation Sénonien marin	Calcaires lumachelliques	70 à 400 m
2ème formation évaporitique « Sénonien lagunaire »	Anhydrites, dolomies calcaire dolomiques et marne	
Sénonien-Turonien	Dolomie et dolomies marneuses	50 à 200 m
1ère formation évaporitique « imfracénomanen lagunaire »	Dolomie et marnes dolomitiques argileuses, anhydrite Conglomérat de base	20 à 180 m
Trias	Basaltes doléritiques Argiles rouges et vertes légèrement anhydritique conglomérats de base	0 à 500 m
Primaire	Schistes et quartzites	>100 m

Figure 99 : colonne lithostratigraphique synthétique de la région d'étude

4. Hydrogéologie et qualité des eaux souterraines

i. Présentation :

La zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum-Er-Rbia recèle des ressources en eau souterraines importantes.

Les principales nappes sont :

- le Turonien de Tadla principale nappe du bassin de l'Oum Er Rbia
- l'Eocène de Tadla
- Tessaout-aval
- Béni-Amir
- Béni-Moussa - Ouest
- Béni Moussa - Est (Dir)
- la Bahira
- les Doukkala
- le Sahel
- Khémisset Chaouia
- Le Dogger d'Azilal.

La zone d'étude fait partie de la plaine de Tadla, la structure générale de la chaîne entraîne un système de cuvettes synclinales constituant autant de sous bassins hydrographiques qui communiquent plus au moins entre eux.

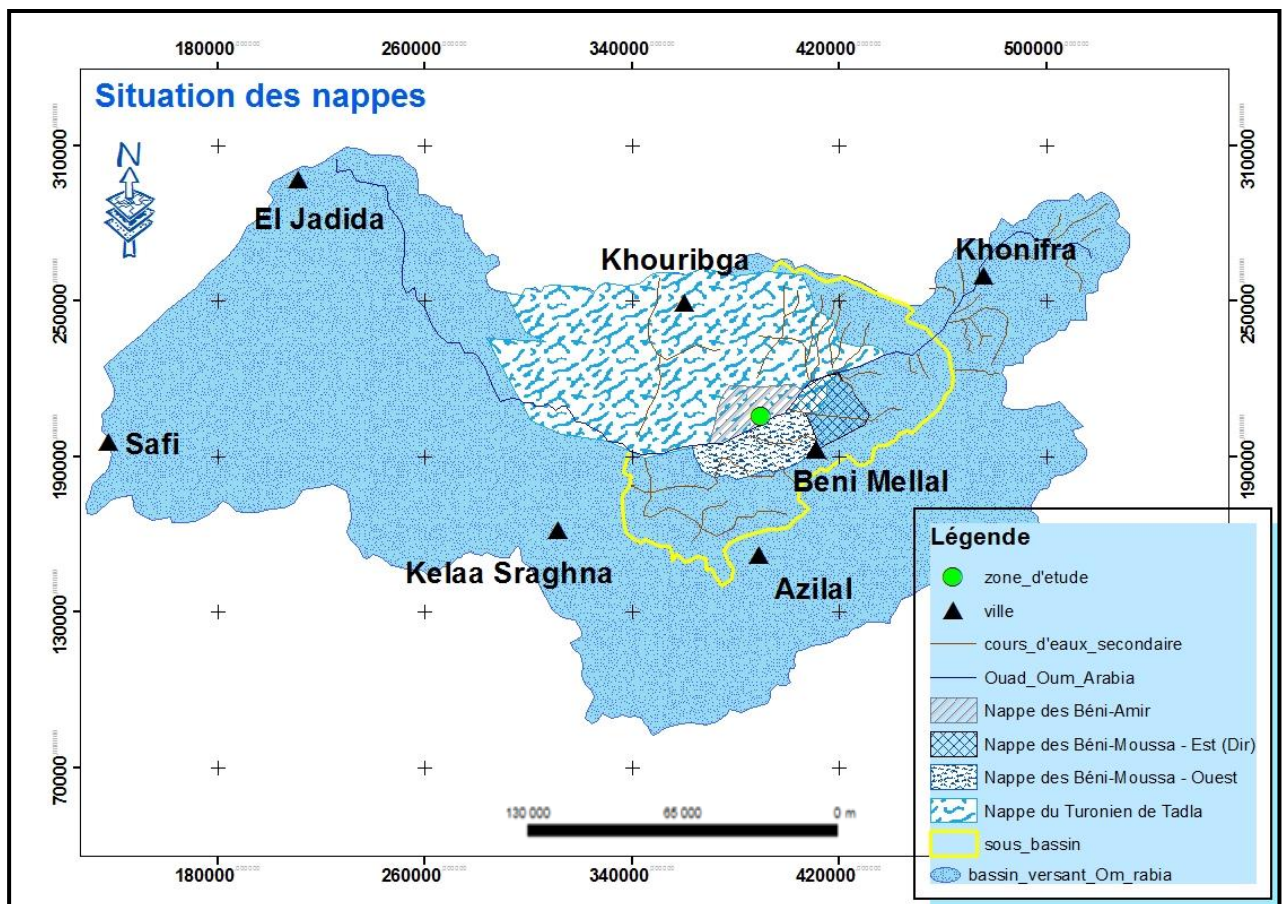


Figure 100 : nappes et aquifères du sous bassin moyen de l'Oum Er-Rbia

ii. Description des aquifères régionaux :

a- Nappe du Turonien de Tadla

a-1_Situation géographique :

L'aquifère s'étendant sur une superficie de 10 000 km², il est délimité : à l'Ouest par les Rhamna, au Sud-Ouest par le massif des Jbilet, au Sud et au Sud-Est par le domaine Atlasique, au Nord par la Meseta côtière séparée du plateau des phosphates par la flexure NE-SW de Settat et au Nord-Est par le massif hercynien de la Meseta marocaine septentrionale.

a-2_ Contexte géologique et hydrogéologique :

Constitué par des calcaires et calcaires dolomitiques intensément karstifiés, l'aquifère du Turonien est d'une épaisseur qui varie de 20 m au niveau des affleurements à 80 m au Sud, en bordure du domaine atlasique, voire localement 100m.

Concernant les caractéristiques hydrodynamiques, la partie libre de la nappe est peu connue. La seule valeur du coefficient d'emmagasinement mesurée est de $1,6 \cdot 10^{-2}$. Pour la porosité efficace, les quelques mesures effectuées au niveau d'un forage donnent une moyenne de 20%. Par contre dans le secteur où la nappe est captive, les coefficients d'emmagasinement sont compris entre $1,6 \cdot 10^{-5}$ et $6 \cdot 10^{-4}$.

a-3_ Qualité de l'eau :

La qualité de l'eau de l'aquifère du Turonien est bonne (salinité comprise entre 500 et 1000 mg/l). La partie libre présente un faciès chimique généralement bicarbonaté calcique à magnésien, rarement chloruré et des teneurs en nitrates faibles à moyennes (7 à 35 mg/l). La partie captive présente une salinité souvent faible et des teneurs en nitrates également faibles (0 à 4 mg/l).

b- Nappe de l'Eocène de Tadla

b-1_Situation géographique :

L'aquifère de l'Eocène couvre une superficie de 6400 km² et s'étend du :

- domaine Atlasique au Sud et au Sud-Est
- affleurements du Sénonien au Nord et au Nord-Est
- aux affleurements du Sénonien et du Turonien à l'Ouest

b-2_ Contexte géologique et hydrogéologique :

Sous le plateau des phosphates, l'aquifère de la nappe Eocène est composé d'alternances de phosphates sableux et de calcaires phosphatés à silex fissurés d'alternances de phosphates sableux et de calcaires phosphatés à silex fissurés aquifères. Au Sud, sous la plaine du Tadla, la série Maastrichtien-Eocène se présente dans cette région sous forme de sables phosphatés alternant avec des niveaux aquifères de calcaires, de dolomies phosphatées et de dolomies à silex. Elle se termine par un niveau d'argile dolomitique.

L'épaisseur de l'aquifère de 40 m au Nord, augmente progressivement pour atteindre 100 m dans le secteur Fquih-Ben-Salah – El Brouj, puis d'une manière brusque pour atteindre 300 m au pied de l'Atlas.

La distribution spatiale de la transmissivité est mal précisée. La moyenne des valeurs disponibles, et concentrées essentiellement dans le secteur situé à l'Ouest de l'axe Fquih Ben Salah – Dar Ouled Zidouh, est de $5 \cdot 10^{-3}$ m²/s. La transmissivité varie entre $1 \cdot 10^{-3}$ et $9 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

b-3_ Qualité de l'eau :

La qualité de l'eau de cet aquifère est variable. La salinité varie généralement entre 500 et 1500 mg/l. Des teneurs en fluor variant de 1 à 3 mg/l ont été enregistrées dans la partie occidentale.

c- Nappe des Béni-Amir

c-1_ Situation géographique :

L'aquifère des Béni Amir s'étale sur le périmètre irrigué des Béni-Amir et les zones «bour» constituant sa continuité hydraulique à l'ouest sur une superficie de 600 km². Il s'étend:

- de l'Oued Oum-Er-Rbia au Sud,
- du canal principal des Béni-Amir au Nord,
- aux limites d'affleurements des formations mio-plio-quaternaires à l'Est et à l'Ouest.

c-2_ Contexte géologique et hydrogéologique :

La nappe des Béni-Amir circule dans une alternance de marno-calcaires, calcaires lacustres et conglomérats d'une épaisseur comprise généralement entre 50 et 100 m. Cette épaisseur croît d'environ 10 m du Nord (au Sud d'El-Brouj et Boujaad) à 100 m au Sud et peut atteindre 200 m (au Nord de Dar-Ouled-Zidouh). La transmissivité varie de 1.10^{-3} à 1.10^{-1} m²/s. Les transmissivités les moins élevées se rencontrent le long de l'oued Oum-Er-Rbia et en dehors des périmètres irrigués.

c-3_ Qualité de l'eau :

La minéralisation des eaux de cette nappe est relativement élevée, souvent supérieure à 1000 mg/l. La contamination par les nitrates a également affecté les eaux de cet aquifère. Les teneurs en nitrates varient entre 8 à 86 mg/l.

d- Nappe des Béni-Moussa - Ouest

d-1_ Situation géographique :

L'aquifère des Béni-Moussa s'étend sur une superficie de 885 km² du :

- de l'Oued Oum-Er-Rbia au Nord,
- du domaine atlasique au Sud,
- de l'Oued El abid à l'Ouest,
- à la limite définie approximativement par le tracé du canal D à l'Est.

d-2_ Contexte géologique et hydrogéologique :

La nappe des Béni-Moussa circule dans des formations essentiellement calcaires et marno-calcaires du villafranchien et du quaternaire ancien, des limons et marnes et des séquences quaternaires supérieures avec des poudingues du quaternaire récent. L'épaisseur du remplissage dans lequel circule cette nappe est le plus important parmi les nappes du plio-quaternaire même si la géométrie du réservoir très hétérogène est difficile à cerner avec précision. De l'ordre de 150 m au niveau de l'Oued Oum-Er-Rbia, l'épaisseur augmente en direction de la chaîne de l'Atlas pour atteindre des valeurs de l'ordre de 300 m au Sud de Dar Ould-Zidouh. La transmissivité varie entre 1.10^{-3} m²/s le long de l'Oued Oum-Er-Rbia et en bordure du domaine atlasique, et 5.10^{-1} m²/s dans les secteurs où existent des cuvettes calcaires relativement étendues.

d-3_ Qualité de l'eau :

La salinité des eaux de cette nappe est moyenne. La minéralisation est souvent comprise entre 700 et 1500 mg/l. La contamination par les retours d'eau d'irrigation a également affecté les eaux de cet aquifère. Les teneurs en nitrates enregistrées varient entre 8 et 76 mg/l.

e- Nappe des Béni-Moussa - Est (Dir)

e-1_ Situation géographique :

L'aquifère des Béni Moussa-Dir s'étend sur une superficie de 450 km² correspondant à la partie de la plaine des Béni Moussa située à l'est du canal D. L'aquifère est délimité par :

- l'Oued Oum-Er-Rbia au Nord,
- le piémont de l'Atlas au Sud et au Sud -Est.

e-2_ Contexte géologique et hydrogéologique :

Les sédiments mio-plio-quadernaires qui contiennent cette nappe sont très hétérogènes et sont composés essentiellement d'alternances de calcaires, de marnes et de conglomérats. L'ensemble du remplissage qui se développe sur une épaisseur qui varie entre 100 et 200m, repose sur le complexe marno-calcaire du Crétacé. Les transmissivités observées varient entre 1.10^{-3} et 7.10^{-2} m²/s.

e-3_ Qualité de l'eau :

La qualité des eaux de cet aquifère est bonne à moyenne. La salinité des eaux est généralement comprise entre 700 et 1000 mg/l.

N.B :

Les principales sources de pollution observées dans le bassin de l'Oum Er Rbia sont dues principalement aux rejets des eaux usées urbains et industriels et à l'activité agricole notamment l'utilisation des fertilisants et des pesticides. L'effet direct ou indirect de ces différentes sources de pollution se traduit par la dégradation de la qualité des ressources en eau souterraines et superficielles.

5. Hydrologie et qualité des eaux de surface

i. hydrologie :

- Le principal cours d'eau de la zone est l'**Oum Er-Rbia** (deuxième fleuve marocain après le sebou), son débit moyen annuel est de 43.4 m³/s à kasba Tadla (débit minimum de 10 m³/s, maximum 1.700 m³/s, il en reçoit en rive droite qu'un seul affluent, ould bourahour au centre est du périmètre.

- Les lacs sont inexistant dans la zone.

- Les sources existent mais d'importance beaucoup plus moindre, on les trouve sur les berges de l'oued Oum Er-Rbia.

ii. qualité des eaux de surface :

La qualité des eaux de surface est généralement bonne en amont du bassin (amont Khénifra) et elle est dégradée en aval de tous les rejets que ça soit urbain ou industriel. Le tronçon situé entre l'aval rejet Kasba-Tadla et l'aval rejet Dar Ouled Zidouh sur l'Oued Oum Er-Rbia est particulièrement pollué par l'effet conjugué des rejets industriels et domestiques, ce tronçon connaît une dégradation excessive durant les mois d'été due à l'activité sucrière et aux autres rejets sans épuration.

➤ Grille de la qualité des eaux superficielles :

Les résultats des analyses des eaux superficielles sont comparés à la grille de qualité des eaux superficielles simplifiée pour avoir une idée sur l'impact sur l'environnement. Les paramètres de cette grille, illustrée au paravent, sont ceux relatifs aux indicateurs d'une pollution organique, azotée, phosphorée et bactérienne.

➤ **Qualité des eaux de surface dans la zone d'action du bassin hydraulique D'Om Er-Rabia**
:

Pour avoir une idée sur la qualité des eaux de surface le long de la zone d'étude, on a fait appel à des mesures des teneurs d'un certain nombre de paramètres de pollution effectuées depuis la station Kasba Tadla jusqu'à la station Ouled Sidi Driss. Une carte sommaire, de la qualité globale des eaux de surface dans le tronçon d'étude, a été élaborée:

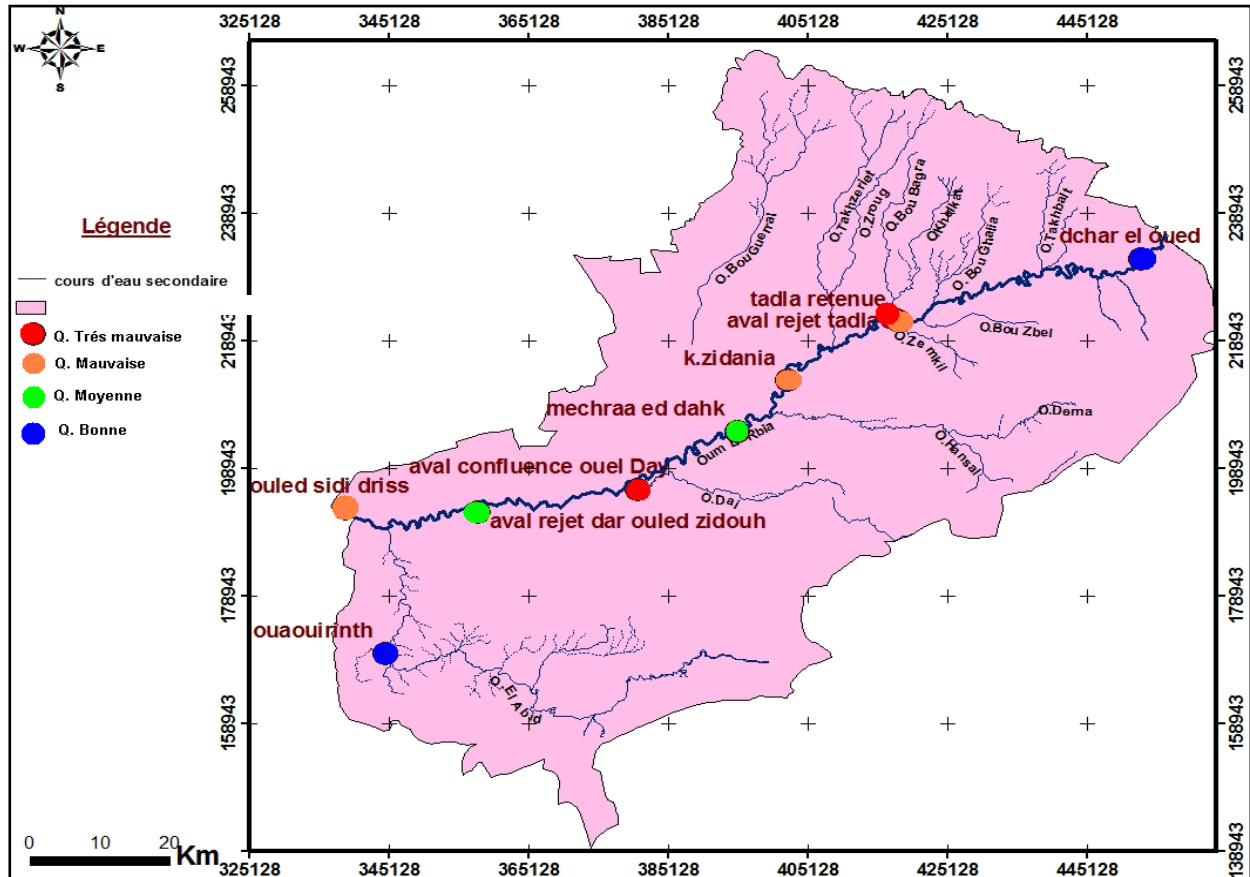


Figure 101 : Qualité de l'eau de l'oued OER dans le tronçon moyen du bassin hydraulique de l'Oum Er-Rbia (Arioua & al, 2012)

6. Climatologie :

Le climat de la région est de type aride à semi-aride, Les variations des précipitations et des températures présentent de grandes disparités, tant qualitativement (sécheresse ou humidité) que quantitativement (amplitude du changement). On rencontre ainsi des simulations donnant une tendance à la sécheresse.

a- Température :

La température varie entre -1,8°C (janvier) et 47°C (juillet). Les graphiques suivants indiquent l'évolution de la température du 1985 jusqu'au 2011 dans la station de Béni Mellal et dans celle de sodea qui se situe à Ouled Zmam :

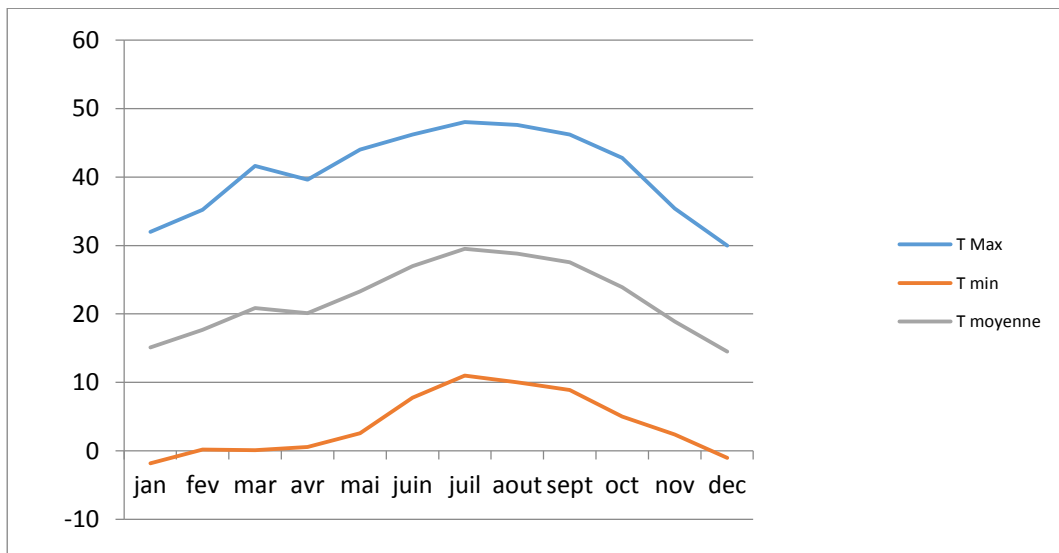


Figure 102 : Températures moyennes mensuelles de Béni Mellal (1985-2011)

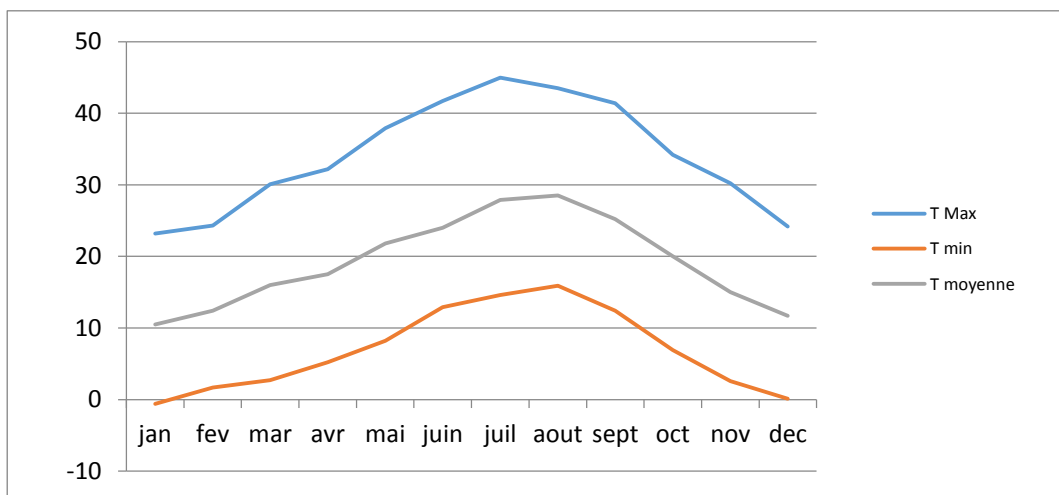


Figure 103 : Températures moyennes mensuelles mesurés en station Sodea (1985-2011)

b- Précipitation :

Les diagrammes ci-dessous indiquent le volume pluviométrique en mm du 1985 jusqu'au 2011 dans la station de Béni Mellal et celle de sodea (Ouled Zmam) :

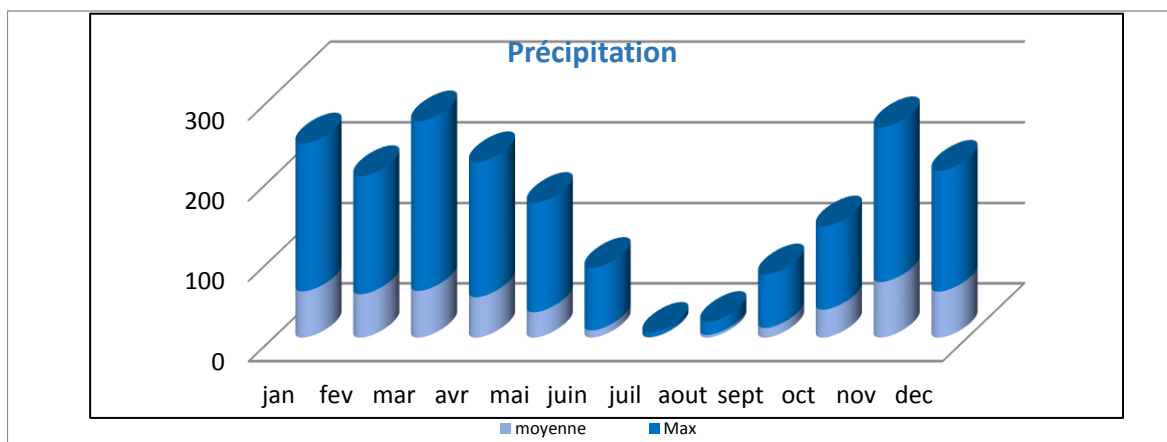


Figure 104 : Pluviométrie de Béni Mellal

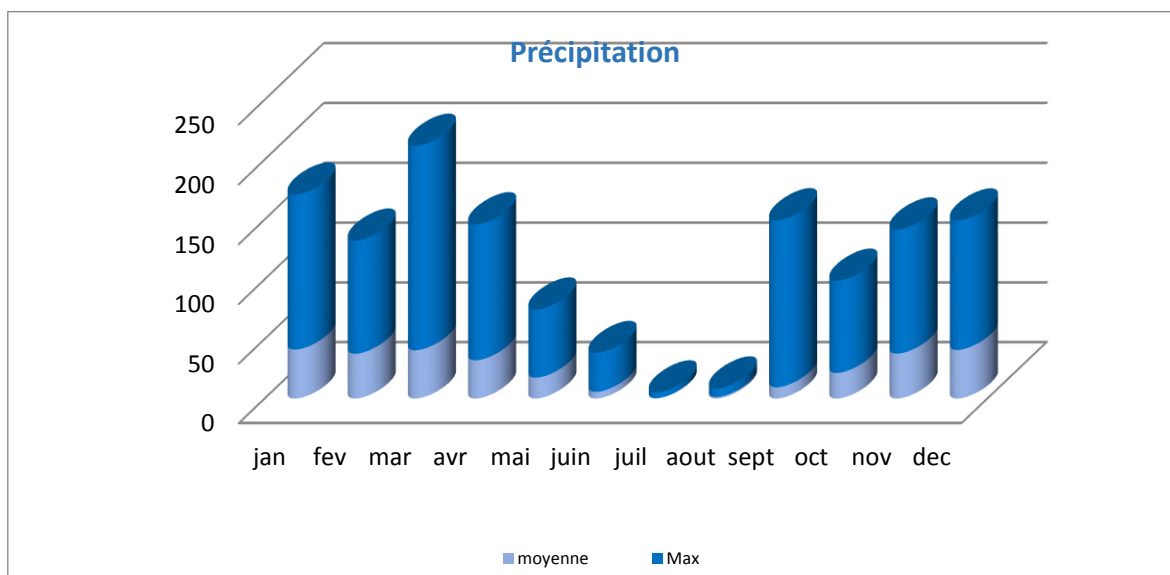


Figure 105 : Pluviométrie de Sodea

Les précipitations interviennent essentiellement pendant les premiers mois de la campagne agricole et se prolongent jusqu'au mois de Mai, et enregistrent une moyenne de 100 mm dans les zones arides et 300 mm dans les zones humides.

c- Evaporation :

L'évaporation potentielle est de 2000 mm/an avec un maximum mensuel de 300 mm en juillet et août.

d- Vent :

Ce paramètre climatique est mesuré au niveau de la station Beni Mellal, les valeurs calculées sur la période de 27 ans (1985 - 2011), les valeurs maximales sont enregistrées pendant l'été (en Juillet 1988 est de 1.78 m/s). La valeur minimale est marquée pendant le mois de décembre d'une moyenne de l'ordre de 0.1 m/s.

Le vent **dominant** dans la commune rural de **Bradia**, soufflait de l'**Ouest** et du **Sud-Ouest**. En hiver, il apporte la pluie. En été, on assiste fréquemment à des vents secs et chauds venants de l'Est (Chergui) et du Sud (siroco).

Tableau 45 : vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (1985 - 2012)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Béni Mellal	0.38	0.35	0.22	0.21	0.22	0.27	0.27	0.41	0.37	0.49	0.59	0.47

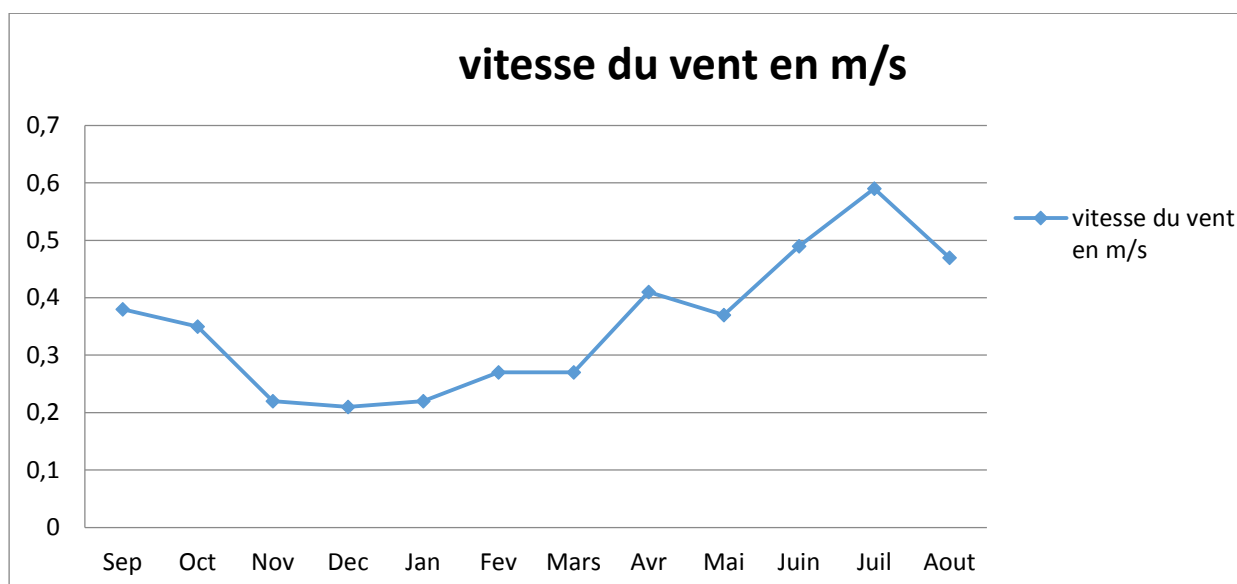


Figure 106 : vitesse moyenne mensuelle du vent dans la région de Béni Mellal (1985-2012)

e- Evaporation

Ce paramètre hydrologique est mesuré au niveau de la station de Béni Mellal. Les valeurs moyennes mensuelles interannuelles sont calculées sur une période de 27 ans (de 1985 au 2012).

Les valeurs maximales sont enregistrées pendant l'été. La valeur minimale est marquée pendant le mois de Janvier avec une moyenne de l'ordre de 23mm.

Tableau 46 : Evaporation moyenne mensuelle interannuelle en mm (1985 - 2012)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Béni Mellal	172	99	63	50	36	43	64	85	130	186	241	228

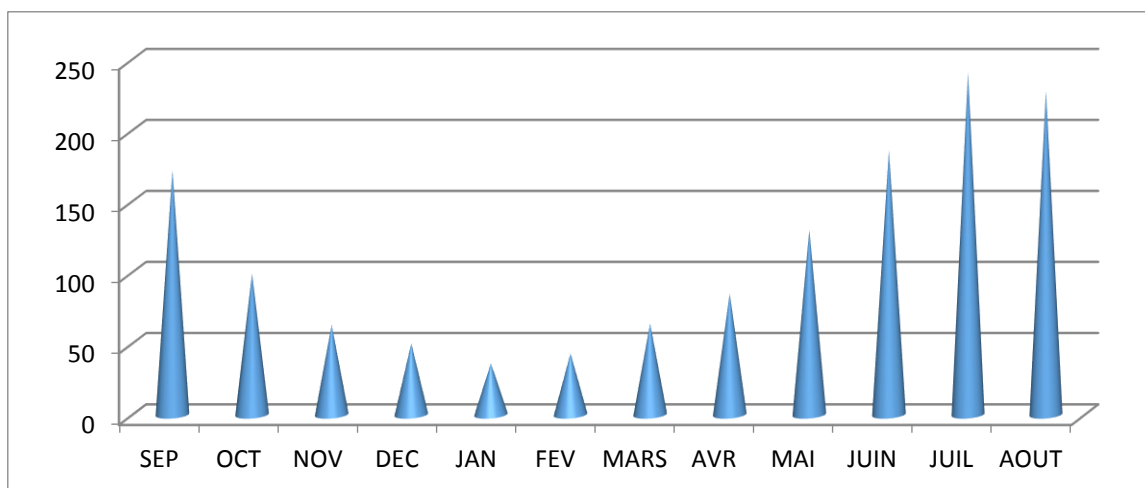


Figure 107 : évolution de l'évaporation moyenne mensuelle interannuelle en mm (1985 - 2012)

f- La synthèse climatologique :

Le diagramme Ombrithermique de Bagnouls-Gaussen a pour but de limiter la saison sèche et la saison humide de la région. Il présente une alternance relativement prononcée entre le climat semi-aride et subhumide avec une prédominance de ce dernier.

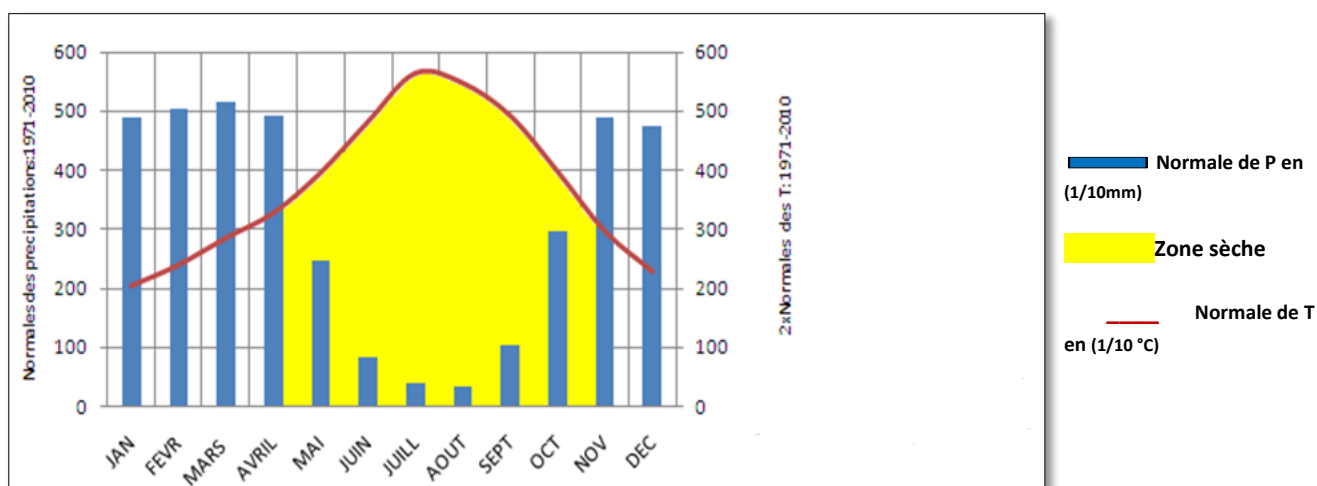


Figure 108 : Diagramme Ombrithermique au niveau de la région de Béni Mellal (Arioua & Oujadi, 2011)

X- Méthodologie suivie pour une bonne collecte des déchets

1- Délimitation de la zone d'étude :

Le centre de Bradia se situe le long de la R.N N°11 entre les villes de Béni Mellal et Fkih Ben Salah. Sa position à proximité du périmètre de Tadla le prédispose à un développement futur important notamment en tant que centre secondaire satellite de Fkih Ben Salah (Commune Bradia, 2004). Il est limité comme suit :

- ❖ **Nord** : commune de Khalfia (province de Fquih Ben Salah).
- ❖ **Sud** : commune de Sidi Aissa (province de Fquih Ben Salah).
- ❖ **Est** : commune de Sidi Jaber (province de Béni Mellal).
- ❖ **Ouest** : commune de Hel Merbaâ (province de Fquih Ben Salah).

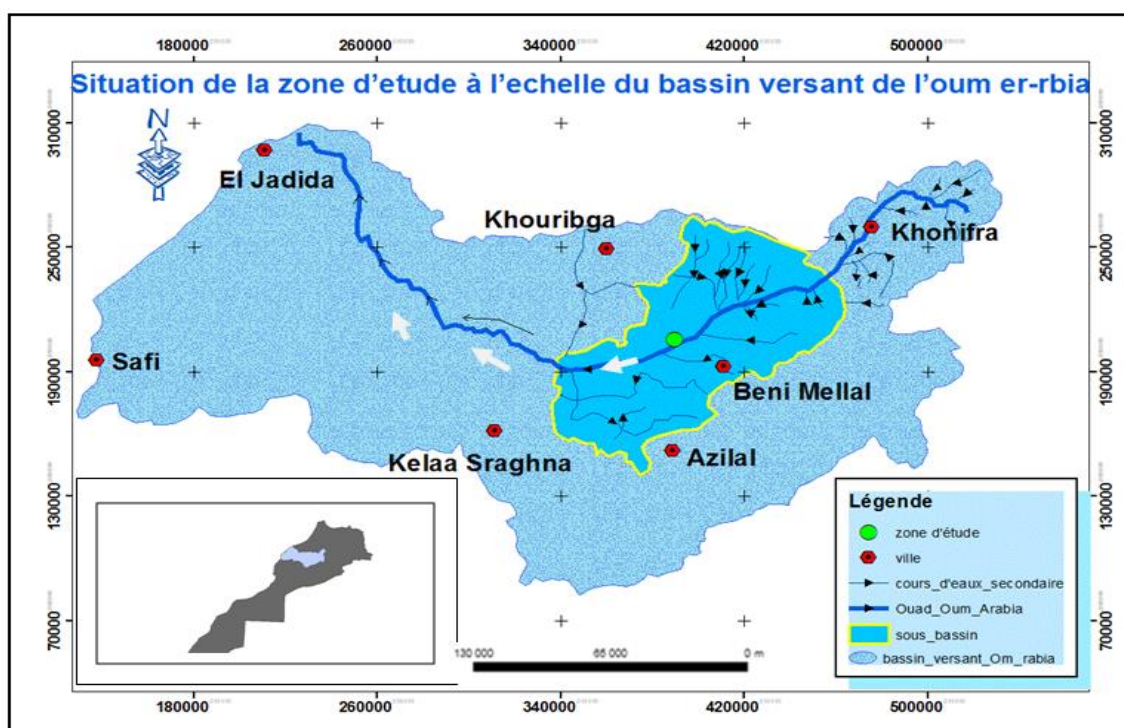


Figure 109 : Situation géographique de la zone d'étude par rapport au bassin moyen d'OER (Arioua & al, 2012)

2- Superficie et périmètre de la zone d'étude :

La délimitation est extraite du plan d'aménagement du centre Bradia, dont on a fait appel à un logiciel ArcGis pour calculer son périmètre et sa surface :

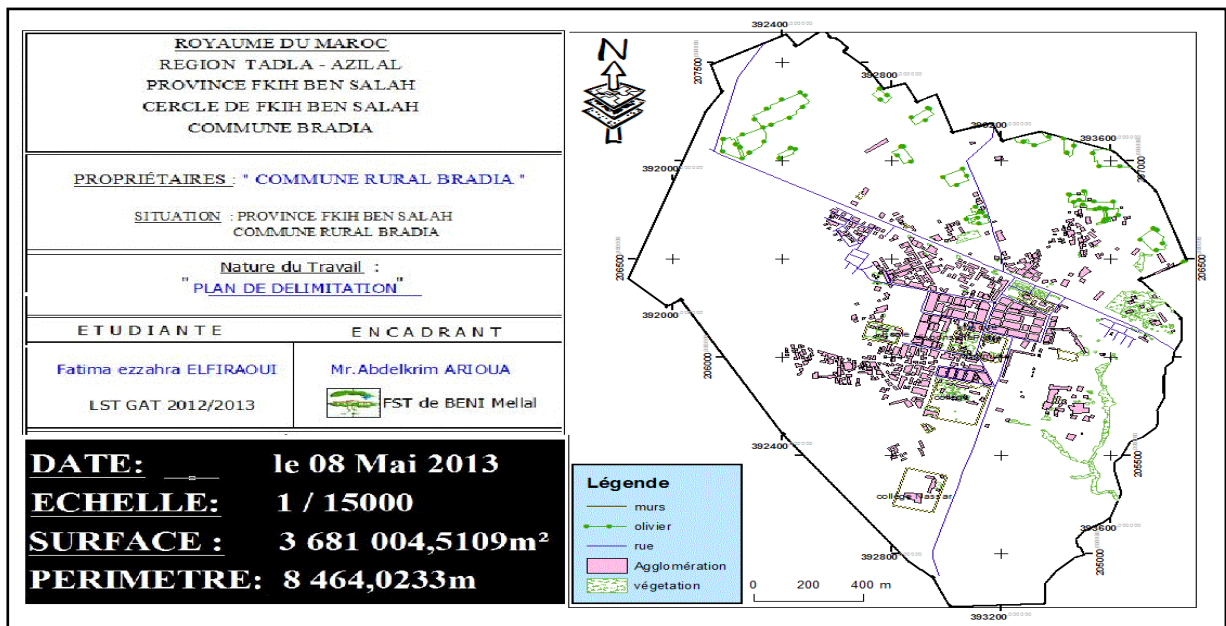


Figure 110 : Périmètre et surface de la zone d'étude

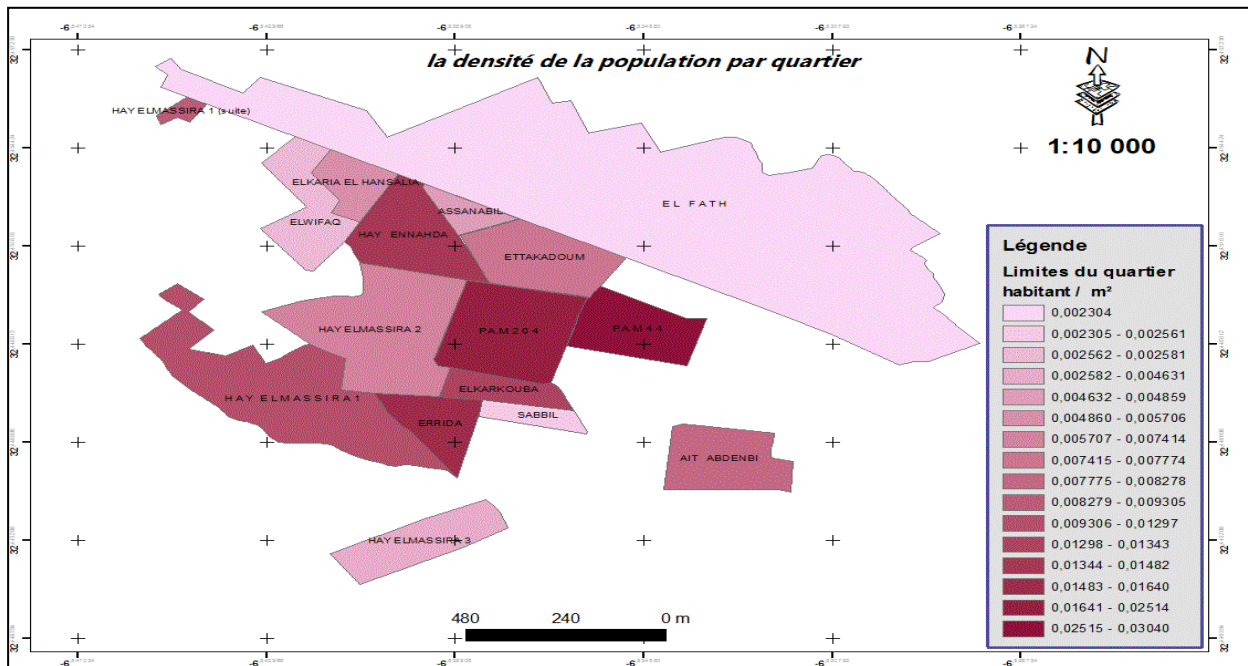


Figure 111 : Densité de population par quartier de la zone d'étude

3- Démarche suivie et matériel utilisé :

A fin de choisir la meilleure solution de collecte des déchets de la commune Bradia centre, on a utilisé un GPS de type **GARMIN 62s** et on a fait appel au logiciel ArcGis pour réaliser les étapes suivantes :

- **sectoriser la zone d'étude** : détermination des dimensions des quartiers ;
- **calculer la densité populaire par quartier** : nombre d'habitants par m² et par quartier ;
- **chercher le circuit optimal cheminé par le véhicule de la collecte** : choisir un chemin plus rapide et qui englobe toute la population ;

- choisir le moyen ou les moyens qui donnent une meilleure collecte : c'est-à-dire le scénario le plus efficace qui va utiliser soit les bacs, les caissons ou les corbeilles.

4. Résultats :

4.1- **Densité populaire** : est illustrée par la figure en dessus.

4.2- Proposition d'un circuit plus économique :

Après avoir calculé le trajet habituel suivi par le véhicule qui fait la collecte, on a fait une simulation de celui-ci à fin de déduire un circuit optimal et plus rentable. La figure suivante montre le trajet proposé à la commune qui sera plus économique :

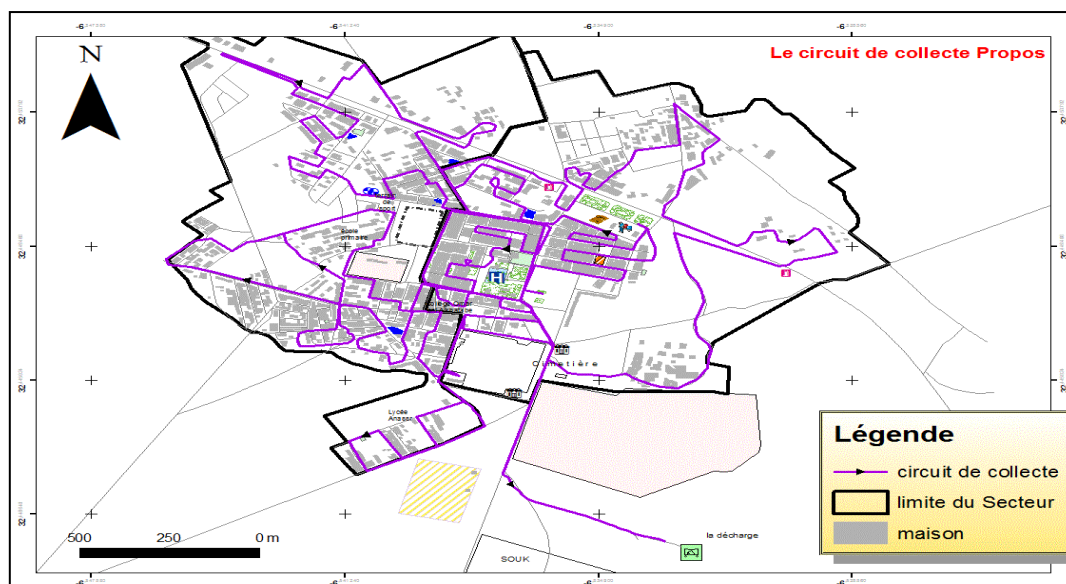


Figure 112 : Circuit de collecte proposé à la commune de Bradia centre

5. Scénarios proposés

A fin de choisir la meilleure solution de collecte des déchets solides de la commune de Bradia centre, nous avons testé cinq scénarios tout en appelant à l'outil géomatique pour faire positionner les outils de collecte et en se basant sur une base de données récoltées lors d'une enquête qu'on a réalisée en mai 2013 (densité populaire par quartier, circuit de collecte, moyen de stock) :

5.1- Scénario 1 : on utilise les moyens actuels de la commune : (circuit proposé)

Il a un avantage de réduire le trajet parcouru par le camion de transport des déchets de 20%. Mais, ce scénario a des inconvénients c'est qu'il n'assure pas 100% de la collecte.

Tableau 47 : Réduction du trajet parcouru par le véhicule de transport (scénario 1)

Longueur du trajet actuel pendant 2 jours	Longueur du trajet proposé pendant 2 jours	% de réduction
36 Km	30 Km	20%

5.2- Scénario 2 : on utilise les caissons métalliques : (c'était le souhait des responsables de la commune)

La mise en place des caissons métalliques pour couvrir toute la commune centrale demande un coût estimé à 1340000DH. Les inconvénients qu'on va rencontrer avec ce scénario, c'est que les caissons métalliques perturbent l'esthétique des rues et peuvent développer des odeurs désagréables et des insectes.

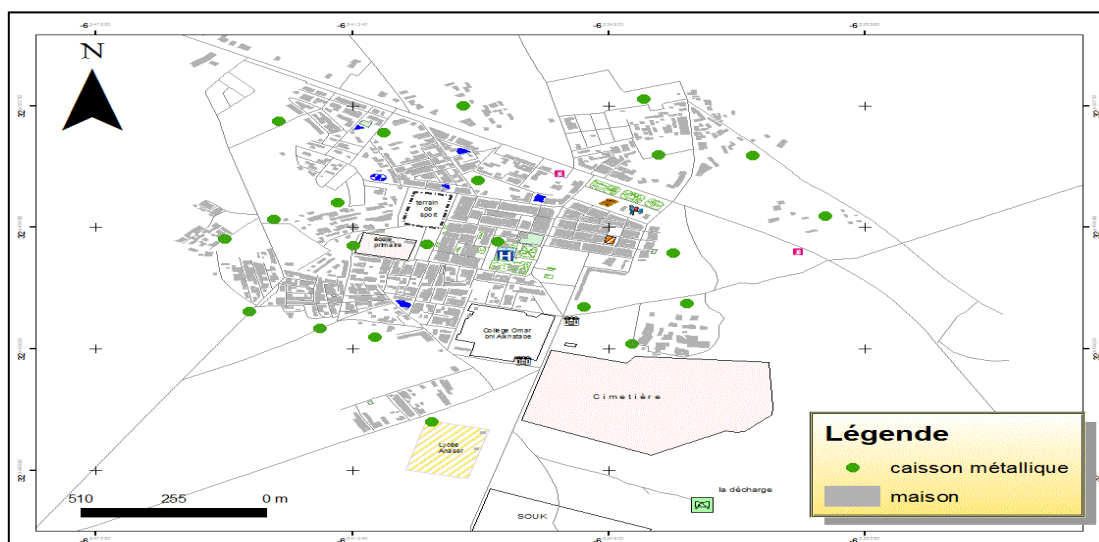


Figure 113 : Scénario 2 ; on utilise des caissons métalliques

Tableau 48 : Coût du projet du scénario 2

Moyens en matériels			Moyens humains	Prix total
Nombre total de caissons	Prix unitaire du caisson métallique	Prix de multi benne	Les moyens existants	
21	40 000 DH	500 000		1 340 000 DH

5.3- Scénario 3 : on utilise les bacs de 50 kg de capacité : (c'était le souhait de la population)

En faisant appel à des outils gématiques, on a procédé à une distribution des bacs par secteur et qui a demandé 101 bacs de 800l en total avec un budget de 50 500 DH. Si on applique ce scénario, on risque

avoir dans des endroits très peuplés, des bacs qui vont connaître des débordements du fait de la forte production de déchets avec la faible fréquence de collecte.

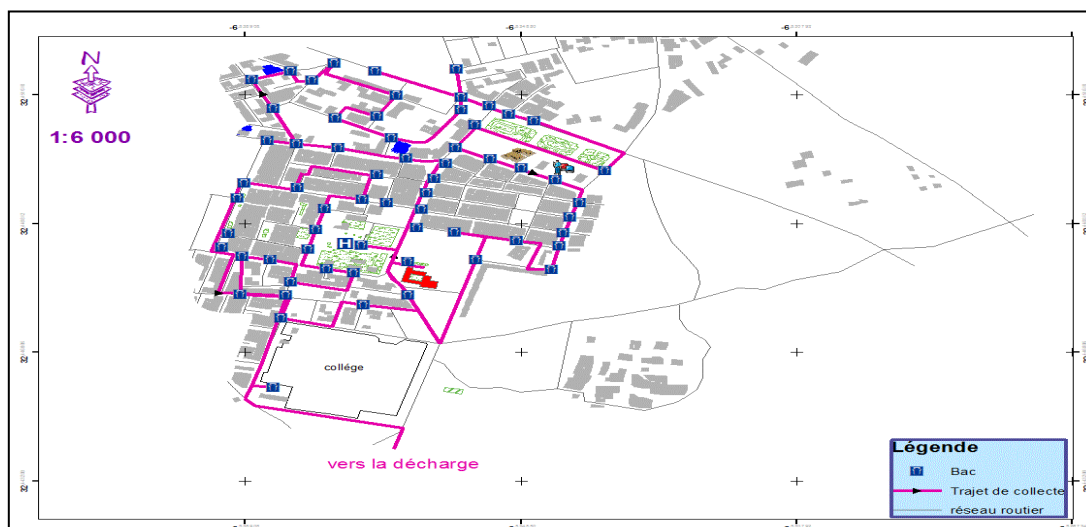


Figure 114 : Scénario 3 ; on utilise les bacs de 50 kg de capacité

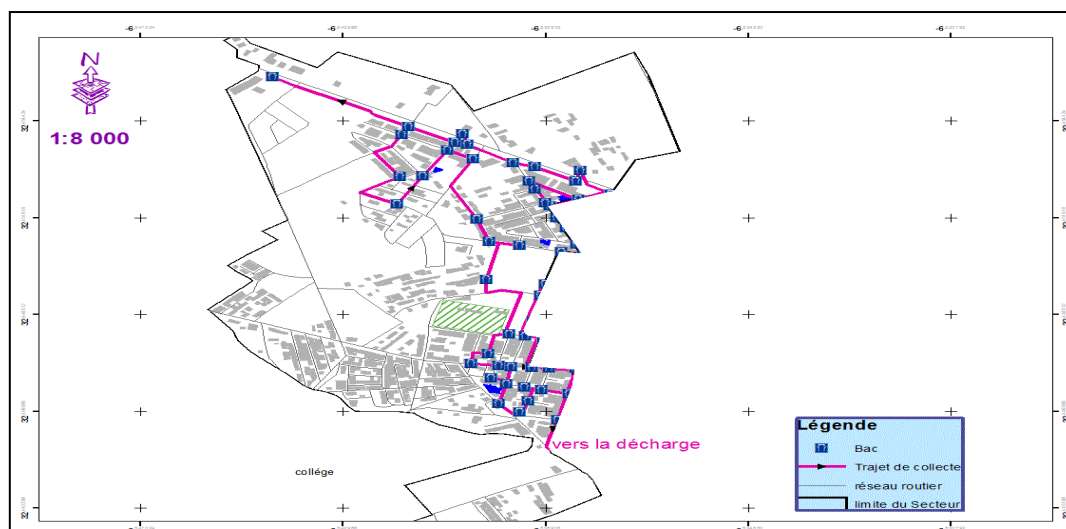


Figure 115 : Scénario 3 (suite) ; on utilise les bacs de 50 kg de capacité

Tableau 49 : Nombre de bacs par secteur

Secteurs	Production des déchets en Kg/j	Nombre de Bacs de 800L → 50kg
Secteur 1	3202,51	63
Secteur 2	2544,78	38
TOTAL	5747,29	101

Tableau 50 : Coût du projet du scénario 3

Moyens en matériels			Moyens humains	Prix total
Nombre total des bacs	Prix unitaire de bac	Moyens de transport	Les moyens existants	
101	500 DH	Les deux camions actuels		50 500 DH

5.4- Scénario 4 : on utilise les caissons et les bacs : (c'était le souhait de la commune et de la population)

Avec ce scénario on peut prévoir une réduction de 47.6% du trajet parcouru par le moyen de transport des déchets et nous demande un budget estimé à 1 070 500 DH. C'est une solution ressemblant au scénario 3 sauf il faut ajouter des corbeilles dans les jardins et les places reconnues par un rassemblement des habitants.

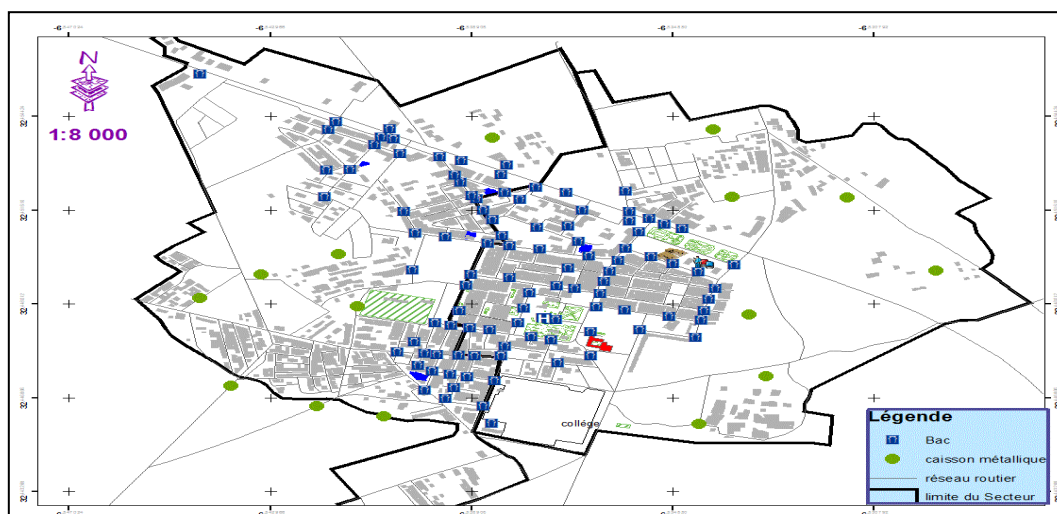


Figure 116 : Scénario 4, on utilise les caissons et les bacs

Tableau 51 : Réduction du trajet grâce au scénario 4

Longueur du trajet actuel pendant 2 jours	Longueur du trajet proposé pendant 2 jours	% de réduction
36 km	17.12 km	47.6%

Tableau 52 : Coût estimé pour application du scénario 4

Moyens matériels				Moyens humains	Prix total
Prix des bacs	Prix des caissons	Moyens de transport		Les moyens existants +1 Chauffeur	
		Les deux camions actuels Pour la collecte des bacs	Multi benne Pour la collecte des caissons		
50 500 DH	520 000 DH	-----	500 000 DH		1 070 500 DH

5.5- Scénario 5 : on utilise les caissons, les bacs et les corbeilles : (collecte idéale)

Il représente l'idéal des bonnes solutions pour se débarrasser des déchets solides de Bradia centre.

Avec ce scénario, malgré qu'il est couteux (1 071 500 DH, Tab.7) , on prévoit une collecte 100% et on va réduire le trajet et par la suite l'énergie.

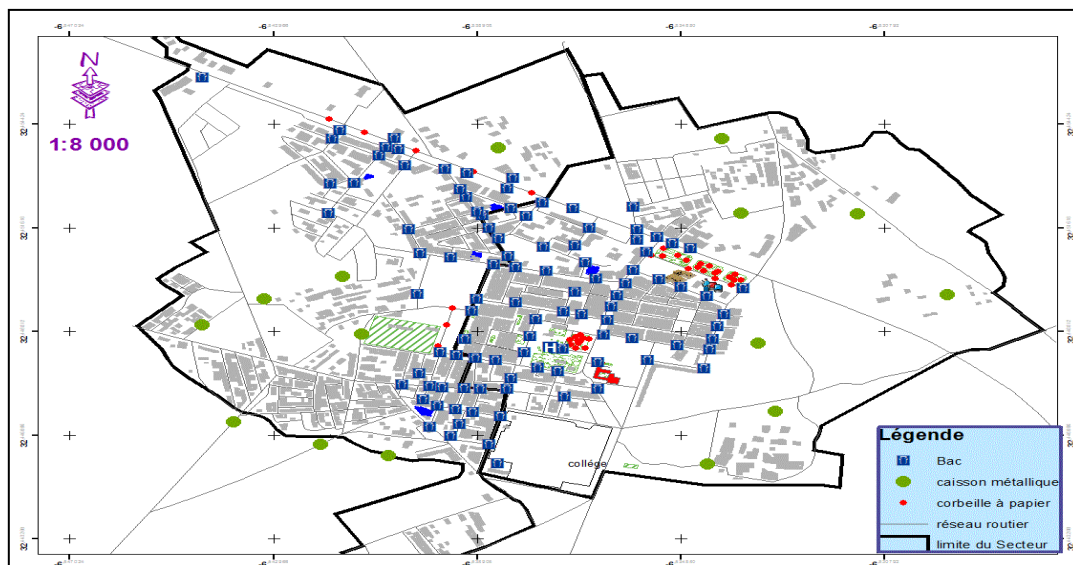


Figure 117 : Scénario 5 ; on utilise les caissons, les bacs et les corbeilles

Tableau 53 : Coût estimé pour application du scénario 5

Prix total (scénario 4)	prix des corbeilles	Prix total
1 070 500 DH	1 000 DH	1 071 500 DH

6. Discussion des résultats

Vue l'augmentation de la population du centre Bradia, la collecte des déchets solides est devenu une opération pénible sachant le budget négligeable de la commune. C'est dans ce cadre, s'intègre notre étude pour trouver un circuit optimal plus économique aux responsables de celle-ci. C'est ainsi, on a fait appel aux outils géomatiques (SIG, ArcGis, GPS) et en concertation avec les décideurs de cette collectivité, on a suggéré cinq scénarios du moins au plus coûteux. L'analyse de ces solutions proposées, nous a permis de déduire que la collecte idéale correspond au scénario 5 dont on va utiliser les outils de collecte : caissons, bacs et corbeilles et dont on a déterminé leurs emplacements exacts sur la carte. En perspective, des campagnes de sensibilisation des gens vis-à-vis du problème de la gestion des déchets et de l'intérêt de ces outils géomatiques s'avèrent nécessaires avant toute application d'une telle solution. Sachant que la population de la commune Bradia est une agglomération rurale.

Dans ce cadre, il est impératif d'intégrer la population de la région dans le phénomène pour appliquer la gestion sélective des déchets ménagers à fin qu'on puisse facilement traiter les matières non recyclées par différents processus (incinération, enfouissement, compostage ou méthanisation). Et donc, avant le choix d'un tel système de traitement, on doit tout d'abord sélectionner le meilleur site pour une décharge contrôlée.

XI- Présentation et démarche de recherche du meilleur site future pour une décharge contrôlée.

1. Introduction

La méthodologie du choix du site ne peut pas être unique. Chaque pays, voire chaque région, a ses conditions spécificités et contraintes environnementales et socio-économiques qui exigent à privilégier une méthodologie ou une autre. Malgré cette multitude, l'objectif reste le même : le choix d'un site favorable qui répond au mieux aux exigences environnementales, socio-économiques et qui minimise le coût.

La méthodologie préconisée s'inspire de la littérature et du guide de sélection des décharges récemment élaboré par le Département de l'Environnement et la littérature en ce qui concerne les étapes suivies et les critères retenus avec leurs rayons de sécurité pour extraire les zones d'exclusions. Cependant, pour choisir des sites possibles et leur classification, on a suivi les étapes de la méthodologie proposée :

- ✓ Établissement d'une liste des critères de décision et leur évaluation.
- ✓ Collecte des données.
- ✓ Élaboration d'une base de données sous un SIG pour la génération des cartes thématiques.
- ✓ cartographier des zones d'exclusion (contraintes) par application des critères exclusifs "durs" pour éliminer les zones impropres aux sites de stockage des déchets.

- ✓ Évaluation des différentes alternatives, issues de l'étape précédente, à travers des critères d'appréciation.
- ✓ Analyse multicritère.
- ✓ Sites convenables.

2. Inventaire des activités dans la zone d'étude

Avant chaque étude de présélection de décharge, il est impératif de procéder à un inventaire systématique des activités dans la région d'étude ainsi que toutes les contraintes environnementales à la création d'une décharge. Le choix des alternatives doit tenir compte de la proximité de la source de production du site potentiel d'implantation de la décharge et son accessibilité. L'objectif est de minimiser les coûts et le temps de transport tout en respectant l'équidistance par rapport aux agglomérations à desservir.

a- Le milieu humain: La localisation et les perspectives de développement et d'aménagement du territoire sont à analyser. Une attention particulière est à scinder sur les activités socio-économiques actuelles dont notamment le secteur agricole, industriel, artisanal, touristique, commercial et les tendances de développement.

- ✓ **Aspects utilisation des sols:** Dans ce volet les aspects suivants sont à examiner :
 - o Zones urbaines (existantes et projetées, cimetières, lieux de culte et de rituel)
 - o Espaces réservés à l'agriculture (périmètres d'irrigation, etc.);
 - o Espace forestier (forêt, pépinières, zones d'aménagement forestier, etc.);
 - o Réseau de communication (voirie, routes, pistes, etc.);
 - o Espaces réservés aux loisirs et au tourisme;
 - o Zones industrielles;
 - o Infrastructures et limites (lignes électriques, barrages, aéroports, ports, etc.);
 - o Espace aérien (Station de transmission de télécommunication etc.);
 - o Aires d'extraction et d'enfouissement (carrières, sablières etc.).

- ✓ **Aspects socio-économiques**

Ces aspects comportent le développement commercial, le développement industriel et le marché (Souk) et commerce.

- ✓ **Aspect culturel**

Cet aspect comporte l'archéologie, le patrimoine naturel, les monuments et ensembles urbains d'intérêt particulier artistique et /ou historique ainsi que les autres particularités culturelles d'intérêt.

b- Le milieu physique : En vue de maîtriser toutes les composantes du milieu physique, il est à recueillir à partir des études existantes et des travaux de recherches, du ministère de l'équipement, l'ONEP,... tout document se rapportant à la région et utile pour la présélection du site de décharge.

Les caractéristiques du réseau hydrologique naturel et artificiel (réseaux hydrographiques, nappes aquifères, lacs, barrages,...) sont à reporter, et à délimiter géographiquement. Les caractéristiques géologiques vues leur importance dans la planification générale du projet et de l'identification des zones de déversement sont à identifier et analyser en détail en terme de

lithologie et au recours géologiques existants. La description du milieu physique de la zone d'étude devrait concerner, en plus les éléments suivants :

✓ **Forme de terrain et relief**

Ces formes concernent la topographie générale, les escarpements rocheux, les talus instables, les zones à risque d'érosion et les zones de glissement.

✓ **Paysage et esthétique**

Pour cette partie, les éléments suivants doivent être examinés à savoir les unités visuelles du paysage, les lieux d'intérêt visuel remarquables, les champs visuels privilégiés, les routes panoramiques et les points d'observations privilégiés.

3. Délimitation de la zone d'étude

La distance maximale par rapport à l'agglomération concernée est de 20 km. Le choix de ce rayon a pour objectif de minimiser le coût de transport. Pour une décharge au-delà d'un rayon de 20 km, le centre de transfère devient obligatoire (Oufama, 2010). Dans le présent travail, la zone d'étude a été choisie en tenant compte le centre de gravité lié à la population et la quantité des déchets ménagers produite.

4. Saisie et représentation cartographique des données

Cette étape consiste à reporter sur des cartes au 1/100.000 ; 1/50.000 ou 1/25.000 toutes les informations recueillies au niveau des différents organismes et qui intéressent de près ou de loin la région de l'étude. Ce travail est réalisé au moyen d'outils informatique tel que le système d'information géographique SIG qui dans ce genre d'étude facilite la saisie des données et la représentation cartographique des informations. On procèdera en premier lieu à définir des thèmes selon leur degré d'importance, chaque thème fera l'objet d'une carte à part qu'on appellera « carte thématique ».

Les thèmes suivants peuvent être pris comme exemple :

- L'eau
- L'agriculture
- La géologie
- La socio-économie
- Les réserves naturelles et les forêts...etc.

5. Délimitation des surfaces libres

a. Délimitation des zones d'exclusion (négatif Mapping)

La recherche des sites suit une procédure générale. En premier lieu, un catalogue de critères d'exclusion relatifs aux intérêts concurrents devrait être dressé.

Lors de l'établissement des cartes thématiques, à chaque thème peut être affecté «un rayon de sécurité» à l'intérieur duquel il est interdit de placer une décharge. Les rayons de sécurité sont différents d'un thème à l'autre et d'un sujet à l'autre. Le choix du rayon de sécurité est fonction de l'importance du sujet et prend en compte plusieurs paramètres spécifiques au thème. Il faut bien noter qu'il n'existe pas de méthodes mathématiques pour calculer ces rayons, mais plutôt de l'expertise basée sur les expériences cumulatives dans le domaine d'installation des décharges et l'analyse des impacts naturels et socioéconomiques engendrés.

Nous avons choisi de se baser sur le choix des critères et leurs rayons de sécurité, par le guide GTZ élaboré par le Département de l'Environnement, en partenariat avec l'Agence allemande de Coopération Technique allemande (GTZ), l'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) et la Direction Générale des Collectivités Locales, dans le cadre du "projet Gestion de

l'environnement" à un certain nombre de collectivités dans le domaine de la gestion des déchets, particulièrement en ce qui concerne la sélection du site d'une nouvelle décharge.

Tableau 54 : Critères de choix et leurs rayons de sécurité (Mansour, 2015)

Critère	Rayon de sécurité	Commentaire
<u>La forêt et les réserves naturelles</u> <ul style="list-style-type: none"> •Les zones forestières •Parcs naturels 	<ul style="list-style-type: none"> •RS=300 m •RS = 500 m 	Il s'agit des réserves forestières de valeur biologique (chêne liège) ou de valeur économique considérable (Pins)
<u>Les surfaces à vocations agricoles :</u> <ul style="list-style-type: none"> •Les zones agricoles 	<ul style="list-style-type: none"> •RS=300m 	Il s'agit des surfaces agricoles à haut rendement et des périmètres irrigués avec infrastructures importantes
<u>L'eau</u> <ul style="list-style-type: none"> •Les surfaces des retenues de barrage et leurs bassins versants; •Les puits privés •Les principaux fleuves •Les sources •Les captages d'eau potable 	<p style="text-align: center;">Exclure</p> <ul style="list-style-type: none"> •RS = 500 m •RS =500 m •RS = 2 Km •RS = 1 à 2,5 Km 	Il s'agit de préserver les ressources en eau
<u>Les surfaces à contraintes socio-économiques</u> <ul style="list-style-type: none"> •Les sites à culte régional •Les habitations isolées et agglomérations •Les aéroports • Les cimetières •Les routes goudronnées •Les sites historiques • Les zones touristiques 	<ul style="list-style-type: none"> •RS = 500 m •RS = 300 m •RS = 500 m •RS = 5 Km •RS = 500 m •RS = 500 m •RS = 500 m •RS = 500 m 	L'emplacement de la décharge doit être dans des zones où la nuisance à l'activité économique et sociale est minimale.
<u>Les surfaces à contraintes géologiques</u> <ul style="list-style-type: none"> •Exclusion des affleurements en continuité avec son aquifère; •Les régions à failles géologiques 	<ul style="list-style-type: none"> •Exclusion •500 m 	Il s'agit d'exclure toutes les zones qui présentent des risques géologiques majeurs.

Ces rayons de sécurité RS peuvent être revus à la baisse en fonction des conditions du milieu, de la topographie, de la disponibilité des terrains et de la volonté des communes et communautés concernées. A noter que cette restriction sur les RS ne doit en aucun cas œuvrer à l'encontre du principe général de l'exclusion dans le but de préserver l'environnement.

b. Surfaces libres ou les surfaces positives

Les surfaces libres sont obtenues après report sur fond cartographique, aux échelles correspondantes, des informations concernant les différents thèmes et leurs rayons de sécurité et puis la superposition des différentes cartes thématiques. Il s'agit des surfaces libres qui ne représentent sur la base des analyses effectuées aucune contrainte à l'implantation d'une décharge. Reste à vérifier sur le terrain l'exactitude des informations et l'occupation réelle de ces "surfaces libres" en faisant un diagnostic.

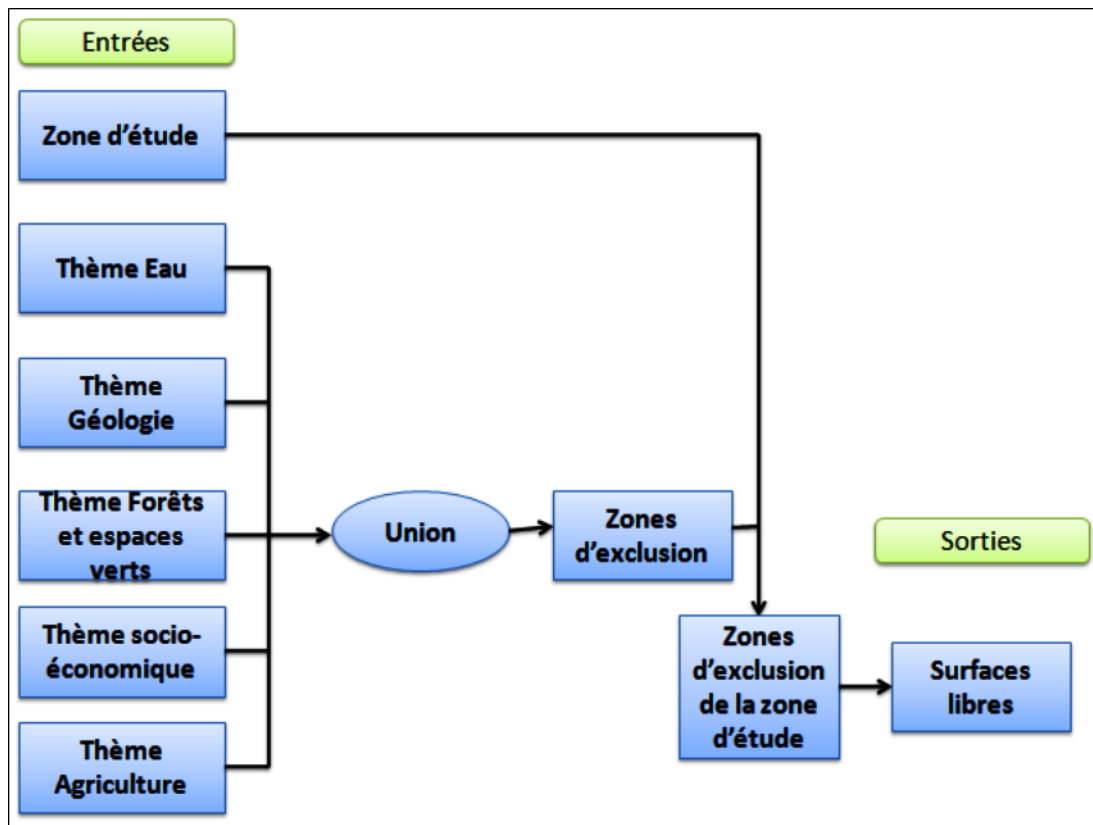


Figure 118 : méthodologie pour la délimitation des surfaces libres

c. Diagnostic des surfaces libres

Cette étape consiste à faire des enquêtes et des investigations sur terrains des sites sélectionnés dans les surfaces libres dont le but de confirmer et mettre à jour les appréciations dont il a été tenu compte jusqu'à présent.

6. Analyse multicritère

Les surfaces libres vont faire l'objet d'une classification moyennant l'analyse multicritère des critères d'évaluation en utilisant le processus d'analyse hiérarchique (AHP). Les critères que nous allons utiliser portent sur cinq types de facteurs respectivement socio-économique, géologique, topographique, hydraulique et occupation du sol (Mansour et al, 2015).

Donc en suivant toutes ses étapes de la méthodologie adoptée pour faire sortir le site convenable pour la commune de Bradia qui se trouve au Sud – Ouest de celle-ci.

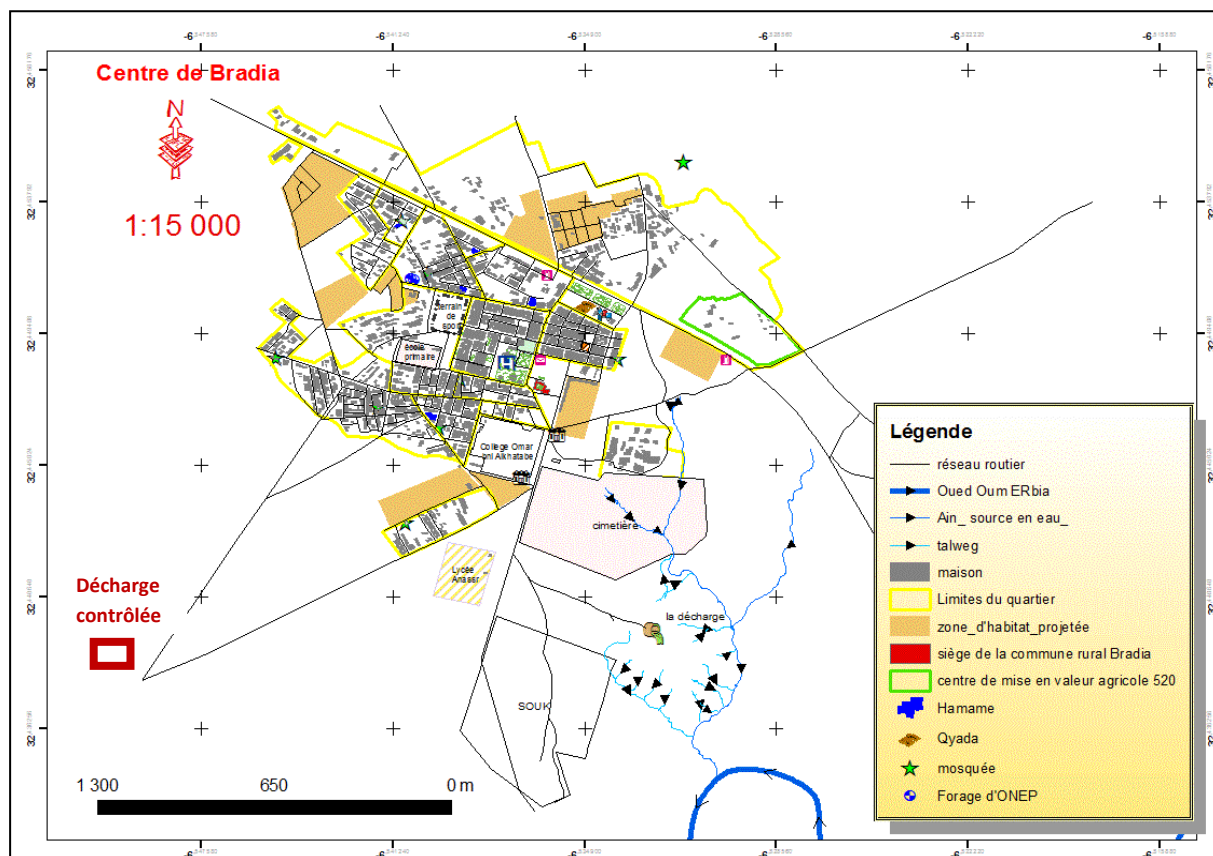


Figure 119 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Bradia (province Fkih Ben Salah)

Même méthodologie adoptée et suivie pour sélectionner les sites adéquats des décharges contrôlées des communes : Ouled Yâich et Afourar.

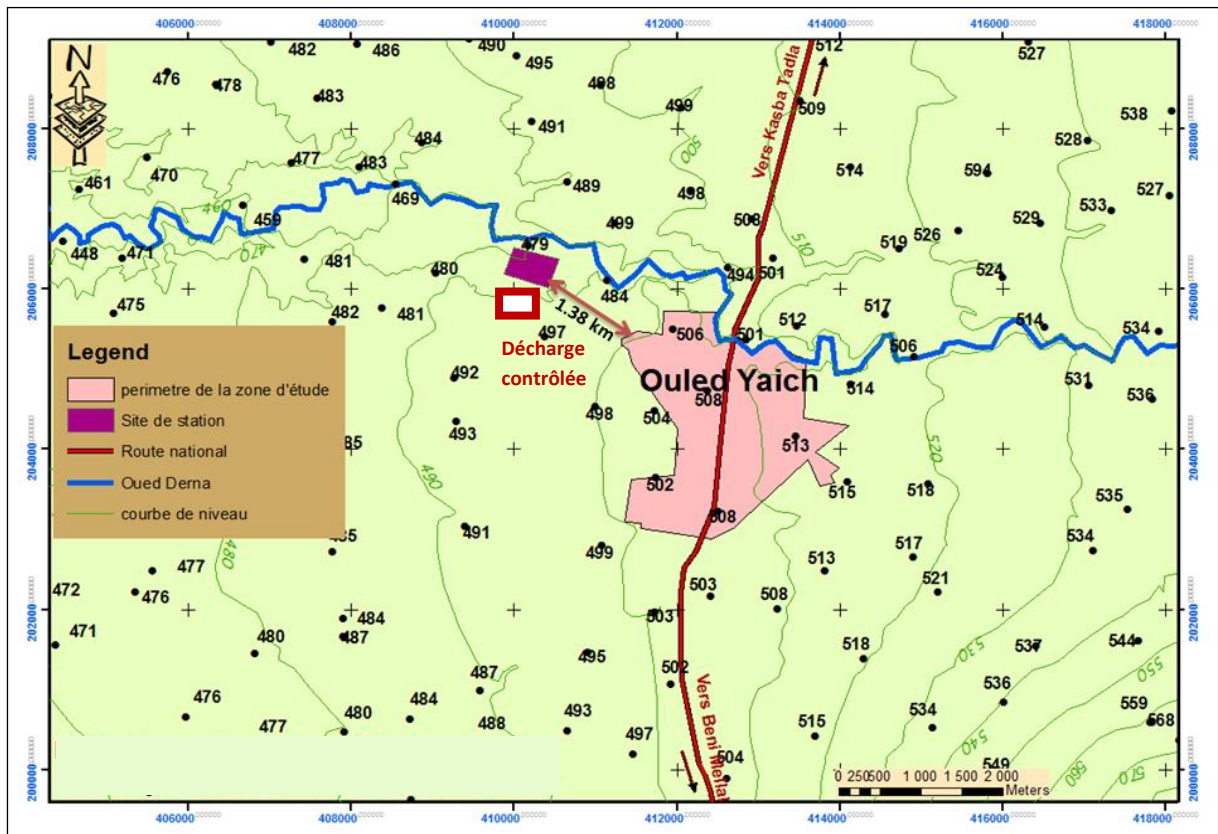


Figure 120 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Ouled Yaïch (province de Béni Mellal)

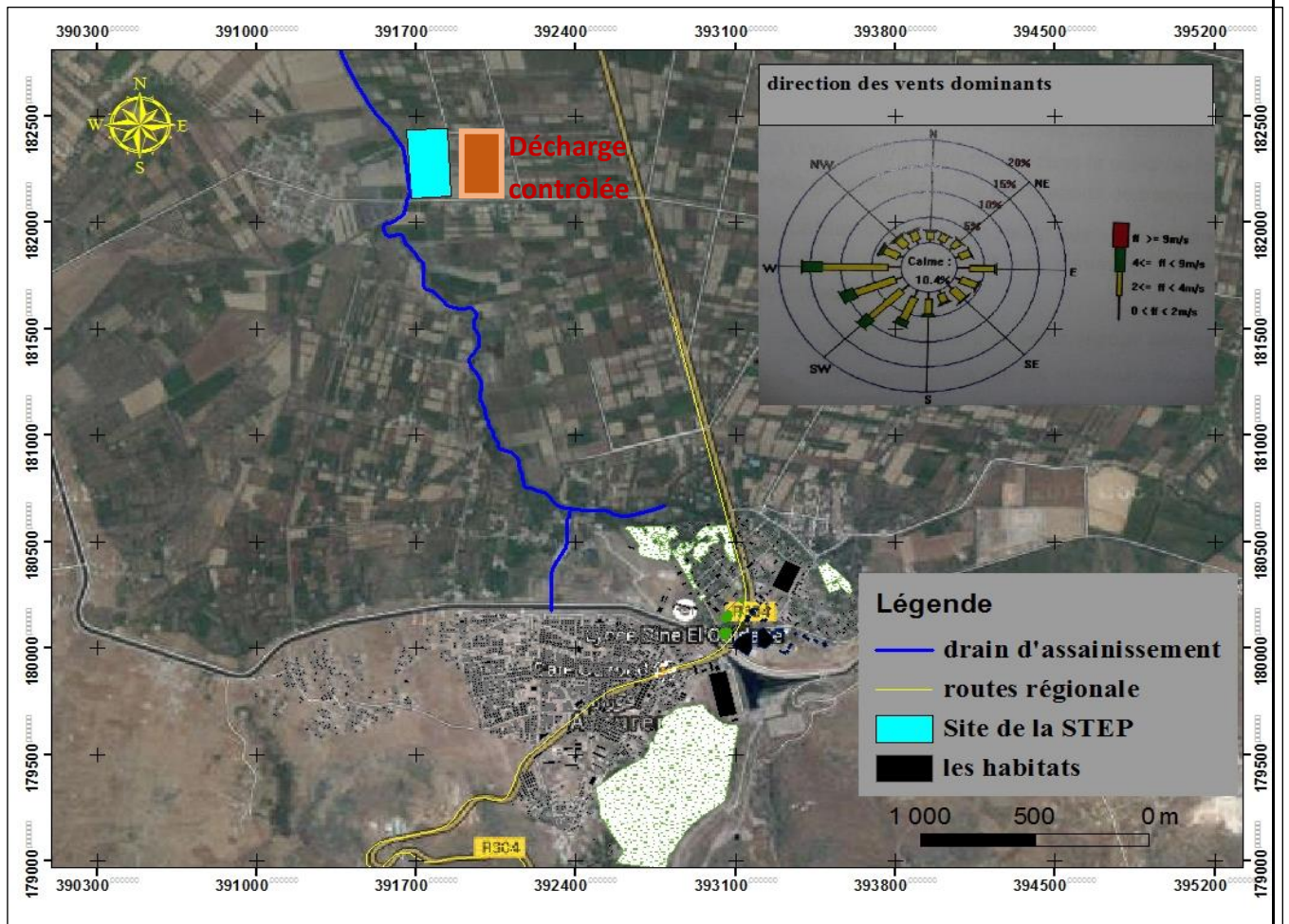


Figure 121 : site adéquat de la décharge contrôlée de la commune Afourar (province d’Azilal)

XII- Discussion des résultats et synthèse :

L'étude de la présélection des sites de décharges contrôlées pour les communes étudiées a été abordée par l'analyse multicritère. La superposition des cartes thématiques nous a permis des sites convenables. Ces derniers ont été classés sur la base d'autres critères «critères d'évaluation» en relation avec les contraintes d'eau, d'accessibilité, d'habitats / infrastructures, d'agriculture / forêt, de la géologie et aussi de l'alimentation du site en électricité, en attribuant un poids pour les objectifs et en prenant en considération l'importance de chaque critère par rapport aux autres.

Chaque objectif prend une note en se basant soit sur la distance par rapport au site, soit par rapport à la perméabilité des couches sur lesquelles le site sera aménagé.

Après avoir effectué la multiplication des poids du critère avec les notes gagnées par chaque site, on obtient la note finale, qui a permis de classer les sites par ordre de priorité.

CONCLUSION GENERALE

La gestion des déchets solides et liquides des communes rurales et urbaines est une procédure pénible et coûteuse du fait qu'elle demande des techniques, des systèmes modernes et du personnel qualifié malgré que ces collectivités locales consacrent une grande partie de leurs budgets pour réaliser cette tâche.

C'est dans ce cadre, que notre étude a été intégrée pour aider ces administrations en leur proposant si possible des solutions à cette problématique environnementale.

A l'issue d'une partie de ce travail relatif à l'identification des sources de pollution dans la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique d'Oum Er-Rbia, on a exploité un SIG pour délimiter la zone située entre Kasba Tadla et Dar Ould Zidouh afin d'évaluer l'impact de la pollution sur l'environnement. Cette dernière est caractérisée par une mauvaise qualité des eaux du fait qu'elle recevait toujours plusieurs rejets (domestiques, industriels ou agricoles) sans aucun traitement préalable. Ces charges de pollution rendent ce tronçon le plus dégradé dans le grand bassin versant d'Oum Er-Rbia. Ceci est engendré par le faible débit restant dans le chenal naturel de l'Oued car le grand débit était dévié par la dérivation de Kasba Tadla à des fins agricoles et hydroélectriques. L'application des fonctions du SIG sur la base de données de la région, nous a permis de déduire les conclusions suivantes :

* **Pollution domestique :** les eaux usées domestiques constituent la principale source de pollution des ressources en eau; le volume total d'eaux usées rejeté par tous les centres de la région a été estimé en 2010 à 9509024 m³/an.

* **Pollution industrielle :** les eaux usées industrielles constituent la deuxième source de pollution des ressources hydriques. Les unités agroalimentaires (huileries, laiteries, sucreries) sont considérées comme les industries les plus polluantes dans la région. La charge totale des 3 types d'unités industrielles est estimée à 622138 T/an pour les huileries et 306600 m³/an pour les laiteries en 2005. Actuellement ces rejets se jettent à l'état brut dans les talwegs qui s'écoulent directement vers l'oued Oum Er Rbia.

* **Pollution agricole:** la pollution agricole (charge estimée à 3135 T/an en 2005) engendre une nuisance pour la qualité des eaux de surfaces (eutrophisation) et souterraines. L'utilisation des engrais et des pesticides conduit à une augmentation des nitrates au niveau des nappes tout en

dégradant la qualité de leurs eaux qui sont destinées à l'alimentation en eau potable des habitants de la région.

Certainement, en absence du traitement de ces déchets, la zone d'étude reçoit continuellement une grande charge polluante qui dégrade la qualité des ressources en eau.

Donc devant cette situation critique et alarmante, il s'est avéré nécessaire de suggérer des solutions adéquates à cette problématique. Dans ce cadre, deux interventions s'avèrent intéressantes et obligatoires :

1°/ Epuration des eaux usées :

Pour remédier cette situation critique, il faut une réhabilitation des réseaux d'assainissement des centres appartenant à la région et des constructions des stations d'épuration des eaux usées. Ces projets permettront une très forte diminution des risques de contamination des ressources et en particulier les ressources en eau et par la suite une protection de la santé publique.

Pour les communes, il est recommandé de :

- commencer et accélérer les travaux de réalisation des STEP ;
- réhabiliter les réseaux d'assainissement et surtout des centres communaux ;
- prévoir un réseau d'assainissement pour les agglomérations avoisinantes des STEP ;
- sensibiliser les agriculteurs à la réutilisation des eaux usées épurées pour les valoriser dans le domaine agricole.

Pour les services chargés de la gestion des déchets dans les communes, il est recommandé de :

- intégrer l'utilité de la géomatique notamment le Système d'Information Géographique (SIG), l'Autocad et le récepteur GPS pour la bonne gestion des eaux usées ;
- former et motiver le personnel chargé de la gestion des déchets liquides.

2°/ Bonne gestion des déchets solides :

Afin de traiter la procédure de gestion des déchets solides, on a utilisé des outils géomatiques pour créer des bases de données des différentes régions d'études, réaliser des plans et des cartes géo-référenciées et ceci dans l'objectif de cerner la problématique et par la suite l'atténuer et la rationaliser.

La gestion des ordures ménagères consiste à suivre plusieurs étapes : pré-collecte, collecte, le transport, le dépôt et le recyclage/traitement. Donc pour améliorer cette tâche, on est amené à coopérer avec les responsables des communes de la région à fin qu'on puisse faire sortir des solutions adéquates :

- Plusieurs scénarios ont été élaborés pour une bonne collecte des déchets solides :

- ❖ On a proposé cinq scénarios du moins au plus coûteux et dont l'analyse, nous a permis de déduire que la collecte idéale correspond au 5^{ème} scénario qui demande utiliser les outils de collecte : caissons, bacs et corbeilles. Ces derniers ont été bien repérés et localisés sur la carte en utilisant un logiciel ArcGis.
 - ❖ Avant toute application d'une telle solution, des campagnes de sensibilisation des gens vis-à-vis du problème de la gestion des déchets et de l'intérêt de ces outils géomatiques s'avèrent nécessaires. Sachant que la population de la commune Bradia est une agglomération rurale.
 - ❖ Dans ce cadre, il est impératif d'intégrer la population de la région dans le phénomène pour appliquer la gestion sélective des déchets ménagers à fin qu'on puisse facilement traiter les matières non recyclées par différents processus (incinération, enfouissement, compostage ou méthanisation)
- Sélection des sites adéquats des décharges contrôlés en se basant sur un guide scientifique international adopté par le ministère de l'environnement. Cependant, pour choisir des sites possibles et leur classification, on a suivi les étapes de la méthodologie proposée :
 - ✓ Établissement d'une liste des critères de décision et leur évaluation ;
 - ✓ Collecte des données ;
 - ✓ Élaboration d'une base de données sous un SIG pour la génération des cartes thématiques ;
 - ✓ cartographier des zones d'exclusion (contraintes) par application des critères exclusifs "durs" pour éliminer les zones impropres aux sites de stockage des déchets ;
 - ✓ Évaluation des différentes alternatives, issues de l'étape précédente, à travers des critères d'appréciation ;
 - ✓ Analyse multicritère ;
 - ✓ Sites convenables.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Dans le but de cerner totalement les sources de pollution affectant la qualité des ressources en eau de la région, il s'est avéré nécessaire de généraliser les études citées au paravent aux restes des collectivités locales faisant partie du tronçon du bassin d'OER reliant la ville de Kasba Tadla et Dar Ould Zidouh.

Donc, en absence de toute intervention efficace de la part des décideurs et des responsables, les communes rurales ou urbaines seront devant la création de la police et la gendarmerie d'environnement et par la suite devant les pénalités du principe pollueur – payeur.

Références bibliographiques

1. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2001).** *Etat de l'environnement du Maroc. Rapport I (2001), Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
2. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Collecte des données et inventaire des sources de pollution. Rapport Mission I (2005). Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
3. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Diagnostic du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles. Rapport Mission II, Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
4. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Optimisation du réseau de surveillance et de suivi de la qualité des eaux superficielles. Rapport Mission III, Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
5. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Exploitation du SIG pour savoir l'état environnemental du Bassin OER. Rapport Mission IV, Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
6. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Rapport de synthèse de la qualité des eaux dans le bassin d'Oum Er-Rbia. Rapport de synthèse 2005, Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal- Maroc.*
7. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2005).** *Inventaire du Degré de Pollution des Eaux Superficielles. Rapport de synthèse, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rapport définitif, 2005, Béni Mellal.*
8. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er -Rbia (2011).** *Les relevés climatiques mensuels de l'année. Bulletins, Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, Béni Mellal - Maroc.*
9. **Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er-Rbia (2012).** *Données climatologiques de la station de Taghat. Bulletin annuel 2012, Béni Mellal – Maroc.*
10. **Ajemma G. (2010).** *Contribution à l'amélioration de la méthodologie adoptée dans le volet hydrogéologique pour le choix du site et les EIE des décharges contrôlées. PFE 2010, IAV-Hassan II, Rabat - Maroc.*
11. **Akki B. & al (2000).** *les moyens de sauvegarde de la qualité de l'eau de l'oued Oum Er-Rbia dans le tronçon Kasba Tadla – Dar ould Zidouh. Mémoire de fin d'études 2000, FST de Béni Mellal, USMS - Maroc.*
12. **Arioua Abdelkrim (1995).** *Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Oum Er Rbia avec essai de modélisation, étude du tronçon : Kasba Tadla- Kasba Zidania. Thèse DES, Université Cadi Ayyad, 1999 ; 146p.*

13. **Arioua A., Ibn Elhakym F. & Benabed Ibt. (2012).** *Exploitation d'un SIG pour l'évaluation de l'impact des sources de pollution sur la qualité des ressources en eau. Cas du sous bassin moyen de l'Oum Er Rbia. Recueil des participations, 2^{eme} colloque international sur la gestion et la préservation des ressources en eau (CIGPRE2). FS de Meknès. 10-12 mai 2012, Univ. Moulay Ismail - Maroc.*
14. **Arioua Abdelkrim (2013).** *Les grands problèmes environnementaux de la plaine du Tadla. Causes, impacts et solutions. Habilitation universitaire, FST de Béni Mellal – Université Sultan Moulay Slimane – Maroc.*
15. **BAAZIZ S. & AITHSSAIN Gh. (2013).** *Etudes d'impacts et proposition de réhabilitation de la décharge publique de Bradia, province Fkih Ben Salah. PFE 2013, FST de Béni Mellal, USMS - Maroc.*
16. **Benabed Ib. & Ibnelhakym F. (2012).** *Exploitation d'un Sig pour l'évaluation de l'impact des sources de pollution sur la qualité des ressources en eau, cas du sous bassin moyen de l'Oum Er Rbia. Rapport licence. Université Sultan Molay Slimane, 2012 ; 44p.*
17. **Benabou S. & Aitkhoyoua J. (2007).** *Modélisation et automatisation du processus du choix du site des décharges publiques. PFE 2007, Ecole Mohammedia des Ingénieurs, Rabat - Maroc.*
18. **Bitar K. & al (2013).** *Evolution qualitative et identification des sources de pollution du bassin versant de l'Oum Er Rbia, Maroc. Larhyss Journal. N°14, Juin 2013.*
19. **Chakhar S. (2006).** *Cartographie décisionnelle multicritère : formalisation et implémentation informatique. Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine, 300 p. France.*
20. **Département de l'Eau (2000).** *Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc. Rapport, Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat, Septembre 2000, 84p*
21. **Département de l'Eau (2007).** *Normes de qualité (eaux de surface). Rapport, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat 2007.*
22. **Département de l'Eau (2007).** *Normes de qualité (eaux d'irrigation). Rapport, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat 2007.*
23. **Département de l'Eau (2007).** *Normes de qualité (eaux piscicole). Rapport, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat 2007.*
24. **Département de l'Eau (2008).** *Etat de La Qualité des Ressources en Eau au Maroc. Rapport, Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l 'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Royaume du Maroc, Rabat. Année 2007-2008 ; 2p.*
25. **Département de l'Eau (2010).** *Etat de l'Environnement du Maroc. Rapport, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat, Septembre 2010, 51p*

26. **Département de l'Eau (2012).** *Politique de l'Eau au Maroc. Rapport, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l 'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Rabat, Septembre 2012.*
27. **Direction générale de l'Hydraulique (1972).** *Étude Hydrologique de L'Oum Er-Rbia., Ministère des Travaux Publics et des Communications, Royaume du Maroc, SOFRELEC, Mars 1972 ; 138p.*
28. **Direction générale de l'hydraulique (1995).** *Etat de qualité des ressources en eau dans le bassin de l'Oum Er-Rbia. Rapport 1995, DGH, Rabat – Maroc.*
29. **Division d'assainissement ONEE (2012).** *Projet d'assainissement de la ville de Khenifra, station d'épuration, réseau d'assainissement, stations de pompage et de transfert des eaux usées. Rapport ONEE Branche Eau Khenifra, 2012.*
30. **Division de production de l'ONEE (2013).** *Programme d'alimentation global en eau rurale (PAGER). Rapport ONEE Branche Eau Khenifra, 2013.*
31. **Direction d'équipement de Khenifra (2008).** *Données sur les ressources en eau dans la province de Khenifra version arabe. Rapport 2008, Secrétariat d 'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc.*
32. **Direction régionale des Eaux et Forêts (2008).** *Projet de création du parc national du moyen atlas central Khenifra. Rapport 2008, Direction régionale des Eaux et Forêts de Khenifra – Maroc.*
33. **El Morjani Z. (2002).** *Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale : application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc). Thèse de doctorat, Université de Genève, Terre et environnement, Genève.*
34. **El Khalki Y. (2002).** *Les systèmes karstiques des plateaux Sud-Ouest du Moyen Atlas : Etude hydrologique et hydrogéochimique (Ain Ellouh, El Hammam, Ajdir et sources de l'Oum Er Rbia). Rapport, FLSH, Béni Mellal, 2001-2002.*
35. **Ghadbane O. (2013).** *Impact des activités anthropiques sur les ressources en eau dans le bassin versant supérieur de l'Oued Oum Er Rbia. Mémoire de Master, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Béni Mellal - Maroc, 266 p.*
36. **GTZ - PGPE (2002).** *Guide de présélection de site de décharge contrôlée des déchets ménagers. Guide (2ème édition) 2002, Coopération Maroco - allemande : Agence Allemande de Coopération Technique (GTZ) & Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement, PGPE Marocain, Rabat – Maroc.*
37. **GIZ & Département de l'Environnement (2014).** *Rapport sur la gestion des déchets solides au Maroc. Rapport, Agence Allemande de Coopération Technique allemande (GTZ), 2014.*
38. **GTZ (2002).** *Guide de présélection de site des décharges contrôlées des déchets ménagers : cas de Larache et Chefchaouen. Guide élaboré par le Département de l'Environnement, l'Agence Allemande de Coopération Technique allemande (GTZ), l'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) et la Direction Générale des Collectivités Locales, Rabat - Maroc.*
39. **GIZ (2014).** *Directives pour la réalisation des études d'impacts sur les projets des décharges contrôlées et les projets des STEP, p 100. Rapport, Agence Allemande de Coopération Technique allemande (GTZ), 2014.*

40. **Haut-Commissariat Au Plan (2004).** *Analyse des données du recensement général de la population et de l'habitat 2004 Province de Khénifra. Rapport, Direction Régionale de Meknès, Royaume du Maroc; 2004, Meknès ; 99p.*
41. **Haut-Commissariat Au Plan(2004).** *Recensement Général de La Population et de l'Habitat de 2004. Rapport, Haut-Commissariat Au Plan, Royaume du Maroc Population Légale du Maroc. 2004.*
42. **IGLIYANE Gh. & JELLOULI A. (2011).** *Rapport de la sortie à la station de pompage des eaux usées de la ville de Boujaâd.. PFE 2011, FST de Béni Mellal, USMS –Maroc.*
43. **Jiang H. & Eastman J. R. (2000).** *Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. International Journal of Geographical Information Science, 14(2), 173-184.*
44. **Kontos T. D., Komilis D. P. & Halvadakis C. P. (2005).** *Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste management, 25(8), 818-832.*
45. **Laaribi A. (2000).** *SIG et analyse multicritère. Article, Hermes Science Publication, Paris –France.*
46. **Laliti A. (2010).** *Dimensionnement, conception et choix du site de la nouvelle décharge de la région de Tanger. Mémoire Master, Université Abdelmalek Assaâdi, FST de Tanger, p 90.*
47. **Mansour D. (2015).** *Combinaison des S.I.G et des méthodes d'analyses multicritères dans la présélection des sites de stockage des déchets : cas des villes de Taoujdate et d'Agourai et de la province d'El Hajeb (Maroc). Thèse doctorale, Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Meknès, 335p.*
48. **Martin J. (1981).** *Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique. Notes et mémoires du service géologique du Maroc, n° 258 bis. Rabat : Ministère de l'Énergie et des Mines, 1981 ; 446 p.*
49. **Ministère de l'Équipement (2000).** *Étude d'approvisionnement en eau potable des populations rurales de la province de Khénifra. Rabat. Rapport Ministère de l'Équipement, 2000.*
50. **Ministère de l'Équipement et du Transport, Direction des affaires administratives et juridiques (2012).** *Inventaire National des Carrières. Rapport 2012, Rabat.*
51. **Morchid F. (2013).** *Les Risques des inondations dans la ville de Khénifra : Analyse statistique et approche cartographique. Mémoire de Master, 195p, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Beni Mellal - Maroc.*
52. **Nation unies (2014).** *Examen des performances environnementales au Maroc. Rapport 2014, Nation unies.*
53. **Office national de l'eau potable (1993).** *Étude d'assainissement des villes de Khénifra et Mrirt. Rabat. Rapport ONEP, 1993.*
54. **Office national de l'eau potable (2006).** *Étude d'assainissement des villes de Zaouit Echeikh. Rabat. Rapport ONEP, 2006 ; 126p.*
55. **Office national de l'eau potable (2008).** *Étude d'assainissement des villes d'Elksiba. Rabat. Rapport ONEP, 2008.*
56. **Office national de l'eau potable (2008).** *Etude d'assainissement liquide du centre de Had Bradia. Rapport d'Etude préliminaire 2008, Office National d'Eau Potable, Béni Mellal-Maroc.*
57. **Office national de l'eau potable (2014).** *Etude d'assainissement liquide du centre Aghbala, province de Khénifra. Rapport 2014, Office National de l'Eau Potable de Béni Mellal - Maroc.*

58. **Oufama I. (2010).** *Analyse critique de l'approche utilisée pour le choix des sites des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés avec étude de cas de Settat.* PFE, IAV, Hassan II, Rabat – Maroc.
59. **Ouigumane A. (2014).** *Choix du site de la future décharge des déchets ménagers et assimilés des préfectures Agadir Ida-Outanane, Inezgane et Ait- Melloul.* Mémoire de Master spécialisé, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences de Semlalia, Marrakech - Maroc, p 55.
60. **Province de Khenifra (2010).** *Monographies Communales des ressources en eau : Assainissement liquide de la ville de M'irt, aguemos, Ait Ishaq, ElKbab et sidi Lamine.* Rapport 2010, Province de Khenifra - Maroc.
61. **Province de Khenifra (2015).** *Monographie de la province de Khénifra.* Rapport 2015, Province de Khenifra, p 47.
62. **Province de Khenifra (2016) :** *Gestion déléguée du centre provinciale de Khénifra d'élimination et de valorisation des déchets.* Rapport 2016, Province de Khenifra – Maroc..
63. **Rakotoarivelo J. B. (2015).** *Analyse comparative de méthodes multicritères d'aide à la décision pour le secteur financier.* Rapport de recherche IRIT, N° IRIT/RR—2015—07—FR, p 62.
64. **RGPH (2014).** *Note sur les premiers résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014.* Rapport 2014, province Khénifra –Maroc.
65. **Serbout R. (2001).** *Le Bassin Versant de l'Oued Oum Er- Rbia en amont de Dchar Eloued (moyen Atlas).* Thèse de doctorat. Université de Nice-shopia Antipolis, 2001 ; 285p.
66. **S. Eau Globe (2012).** *Plan directeur des déchets ménagers et assimilés de la province de Khénifra.* Rapport 2012, province Khénifra –Maroc.
67. **S. SEGU (2013).** *Etude d'impact environnementale : projet d'implantation et d'exploitation de la décharge contrôlée intercommunale de la commune urbaine de Tanger et des communes environnantes.* Rapport 2013, province Tanger –Maroc, p 104.
68. **S. Tout Propreté (2014).** *Gestion déléguée des services de collecte et de nettoyage à la commune de Khénifra.* Guide des prestations, province Khénifra –Maroc, p 16.
69. **Saaty T. L. (1980).** *Risk—its priority and probability: the analytic hierarchy process.* Eur J Oper Res, 7(2), p : 159–172.
70. **Saaty T. L. (1980).** *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation.* New York: McGraw – Etats Unies.
71. **Saoudi B. & Chrifi H. (2007).** *Option de gestion des déchets solides municipaux adaptés aux contextes des pays du sud.* IAV Hassan II (Rabat – Maroc) et ENDA Maghreb.
72. **Sener S. & al (2010).** *Combining AHPP with GIS for landfill site selection: Acase study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey).* Waste Management, 30, p : 2037–2046.
73. **Sener S. Sener E. & Nas B. (2011).** *Selection of Landfill Site using GIS and Multicriteria Decision Analysis for Beyşehir Lake Catchment area (Konya, Turkey).* Journal of Engineering Science and Design, 1(3), p : 134 – 144.
74. **Terra M. (2013).** *Etude du Bassin Versant de l'oued Derna : Fonctionnement hydrologique, enjeux et risques,* Province de Beni Mellal. PFE Master, Université Sultan Moulay Slimane, 2013 ; 190p.

75. **Vincke P. (1981).** *Multicriteria Analysis: Survey and New Directions.*
European Journal of Operational Research, 33, p : 54-64.
76. **ZITOUNI A. & BAITE W. (2012).** *Etude d'impact sur l'environnement de la décharge de la ville de Kasba Tadla et choix de site pour la mise en place du centre de transfert.* PFE 2012, FST de Béni Mellal, USMS - Maroc.

Webographie

- <http://google.ma/>
- <http://www.impactsa.ch/activites/environnement/dechets.php>
- <http://www.ors-idf.org/dmdocuments/REURapport.pdf>
- http://www.tiznit.org/carte_maroc.htm
- <http://twcc.free.fr>
- Paramètres de qualité : <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept-sandre/parametre-physique>
- Site officiel du ministère de la santé canadienne : <http://www.hc-sc.gc.ca>
- Institut national de l'environnement industriel et des risques en France : <http://www.ineris.fr/>
- Le Réseau de surveillance volontaire des lacs, site web du ministère du développement durable et environnement au Québec : <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.
- Image bing.
- Google Maps.